

# Restauração na Caatinga

2ª edição revista e ampliada



Flávia de Barros Prado Moura  
José Vieira Silva  
(Org.)

 **Edufal**

# Restauração na Caatinga

2ª edição revista e ampliada

Flávia de Barros Prado Moura  
José Vieira Silva  
(Org.)

 **Edufal**  
Editora da Universidade Federal de Alagoas

Maceió /AL

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

**Reitor**

Josealdo Tonholo

**Vice-reitora**

Eliane Aparecida Holanda Cavalcanti

**Diretor da Edufal**

José Ivamilson Silva Barbalho

**Conselho Editorial Edufal**

José Ivamilson Silva Barbalho (Presidente)

Fernanda Lins de Lima (Secretária)

Adriana Nunes de Souza

Bruno Cesar Cavalcanti

Cícero Péricles de Oliveira Carvalho

Elaine Cristina Pimentel Costa

Gauss Silvestre Andrade Lima

Maria Helena Mendes Lessa

João Xavier de Araújo Junior

Jorge Eduardo de Oliveira

Maria Alice Araújo Oliveira

Maria Amélia Jundurian Corá

Michelle Reis de Macedo

Rachel Rocha de Almeida Barros

Thiago Trindade Matias

Walter Matias Lima

**Projeto gráfico:** Rima Produção Editorial

**Editoração eletrônica:** Rima Produção Editorial

**Capa:** Gabriela de Souza Vieira e os organizadores

**Revisão de Língua Portuguesa:** Os organizadores

**Créditos da imagem da capa:** Flávia de Barros Prado Moura e José Vieira Silva

**Catálogo na fonte**

**Universidade Federal de Alagoas**

**Biblioteca Central**

**Divisão de Tratamento Técnico**

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 - 1767

R436 Restauração na Caatinga [recurso eletrônico] / Flávia de Barros Prado Moura, José Vieira Silva (Org.). – 2. ed. rev. e amp. – Maceió, AL: EDUFAL; 2021.  
223 p. : il.  
*E-book.*  
Inclui bibliografias.  
ISBN: 978-65-5624-082-4  
1. Caatinga - Restauração. 2. Cobertura dos solos. 3. Sucessão ecológica. 4. Recuperação ecológica. 5. Barragens. I. Moura, Flávia de Barros Prado. II. Silva, José Vieira.

CDU: 504.062

Direitos desta edição reservados à

Edufal - Editora da Universidade Federal de Alagoas

Av. Lourival Melo Mota, s/n - Campus A. C. Simões

CIC - Centro de Interesse Comunitário

Cidade Universitária, Maceió/AL Cep.: 57072-970

Contatos: www.edufal.com.br | contato@edufal.com.br | (82) 3214-1111/1113

Editora afiliada:



Associação Brasileira  
das Editoras Universitárias

# Sumário

**Apresentação** .....7

## **Parte 1**

### **Semiárido e restauração**

**1. Caatinga: descrição geral**..... 10

Everardo V. S. B. Sampaio

Ana Dolores S. Freitas

**2. Os desafios na restauração de terras seca** ..... 27

Renato Soares Vanderlei

Flavia de Barros Prado Moura

**3. Interações de facilitação e sucessão ecológica em áreas degradadas no semiárido** .....44

Flávia de Barros Prado Moura

Bárbara Resende de Moraes

Micheline Maria de Lima

Lays Klécia Silva Lins

**4. Índice de vegetação no monitoramento da seca no semiárido brasileiro** .....54

Humberto Alves Babosa

Catarina de Oliveira Buriti

**5. Evolução da cobertura florestal nativa na Caatinga: algumas reflexões** .....70

Frans Germain Corneel Pareyn

Enrique Mario Riegelhaupt

José Luiz Vieira da Cruz Filho

Elcida de Lima Araújo

## Parte 2

### Experimentos de restauração na Caatinga

#### **6. Aplicação de técnicas nucleadoras na restauração de áreas degradadas no semiárido brasileiro..... 103**

Jacob Silva Souto

Francisco de Assis Pereira Leonardo

Patrícia Carneiro Souto

#### **7. Crescimento de espécies arbóreas utilizadas na recuperação de áreas degradadas na Caatinga ..... 117**

Renato Nunes Costa

Dayane Mércia Ribeiro Silva

Jania Claudia Camilo dos Santos

Lennon Kledson dos Santos Silva

Shirley Pricila Vasconcelos Barbosa

Saymon Acchile Santos

José Vieira Silva

#### **8. Regeneração natural e semeadura de espécies florestais nativas em áreas degradadas da Caatinga ..... 139**

Olaf Andreas Bakke

Francisco das Chagas Vieira Sales

Ivonete Alves Bakke

#### **9. Desempenho de duas espécies arbóreas nativas plantadas em área degradada da Caatinga ..... 147**

Olaf Andreas Bakke

Ivonete Alves Bakke

Juliana Matos Figueiredo

Shirley Tavares Nunes

#### **10. Recuperação de áreas degradadas por extração de piçarra no Rio Grande do Norte ..... 165**

Alexander Silva de Resende

Guilherme Montandon Chaer

Eduardo Francia Carneiro Campello

Khadidja Dantas Rocha de Lima

## **Parte 3**

### **Práticas de restauração participativas**

#### **11. Recaatingamento com comunidades agropastoris e extrativistas.....180**

José Moacir dos Santos

Luiz Almeida Santos

Markus Breuss

#### **12. Mulheres da Caatinga semeando saberes e justiça.....188**

Mauricélia Souza

Emanuela Castro

Graciete Santos

#### **13. Barragem subterrânea: contribuindo na sustentabilidade socioecológica e econômica de agroecossistemas do Semiárido do Nordeste brasileiro ..... 201**

Maria Sonia Lopes da Silva

Cláudio Almeida Ribeiro

Gizelia Barbosa Ferreira

Jaciana Salazar da Silva

Antônio Gomes Barbosa

#### **14. Conclusão e recomendações finais..... 219**

Flávia de Barros Prado Moura

José Vieira Silva

# Apresentação

O número de projetos experimentais destinados a estudar o processo de restauração de terras semiáridas ou *drylands*<sup>1</sup> tem aumentado nos últimos anos, contribuindo para o avanço do conhecimento científico sobre o tema em várias partes do mundo. No entanto, no Brasil há poucos estudos e informações disponíveis sobre restauração em terras semiáridas.

A escassez de conhecimento científico sistematizado sobre restauração na Caatinga foi um dos motivos para organização do presente livro. Há uma grande expectativa de que, à medida que o conhecimento científico sobre recuperação de áreas degradadas e restauração na Caatinga avance, isto possa resultar num aumento substancial de informações, massa crítica e capacidade de entender os processos de sucessão e, desta forma, nos permitir atuar de maneira efetiva e eficaz na restauração.

Neste momento, onde o conhecimento sobre restauração na Caatinga é embrionário, buscou-se, com este livro reunir competências estabelecidas e informações que auxiliem ou subsidiem o desenvolvimento de estratégias mais eficazes para, dentre outros aspectos, aumentar a taxa de sobrevivência de mudas e o incremento de biomassa nas áreas em processo de restauração.

A segunda edição do livro, ampliada e revisada, está organizado em 14 capítulos, com abordagem dos aspectos teóricos, práticos e vivenciais relacionados à restauração. A primeira parte do livro - Semiárido e Restauração – é composta de cinco capítulos, sendo o primeiro uma descrição geral da Caatinga, o segundo uma discussão sobre os desafios para restauração de terras secas, o terceiro sobre interações positivas na restauração da Caatinga, o quarto com uma abordagem sobre os índices de ocorrência de secas no semiárido brasileiro e o quinto sobre a evolução da cobertura vegetal da Caatinga; a segunda parte do livro - Experimentos de restauração na Caatinga - apresenta análises de experimentos técnico-científicos de campo, conduzidos nos Estados de Alagoas, Paraíba e Rio Grande do Norte; a terceira parte do livro - Práticas de restauração participativas - analisa aspectos vivenciais de dois projetos de restauração realizados nos Estados da Bahia e Pernambuco, além do

---

<sup>1</sup> *Drylands* - Terras Secas – do inglês “*Drylands*” O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP – United Nations Environmental Programme) define terras secas pelo Índice de Aridez, que deve ser abaixo de 0,65, sendo este índice a medição da proporção entre a média da precipitação anual e a evapotranspiração potencial total anual. Estes órgãos subdividem as terras secas quatro categorias: hiperáridas, áridas, semiáridas e sub-úmidas-secas (FAO, 2015).

uso de barragens subterrâneas nos agrossistemas do semiárido brasileiro, nos quais as comunidades rurais participaram ativamente.

Esperamos que este livro seja um passo inicial para superarmos o desafio de restaurar terras secas no Brasil.

Os organizadores

**Parte 1**  
**Semiárido e restauração**

# 1

## Caatinga: descrição geral

*Everardo V. S. B. Sampaio<sup>1</sup>*

*Ana Dolores S. Freitas<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Departamento de Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Av. Prof. Luís Freire, 1000 - Cidade Universitária, Recife – PE.

<sup>2</sup> Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Rua Dom Manoel de Medeiros, S/N. Dois Irmãos. Recife - PE.

### **Introdução**

A vegetação que cobre a maior parte do grande núcleo semiárido da região Nordeste do Brasil recebeu o nome de Caatinga desde os tempos antes da chegada dos portugueses e assim continua sendo denominada na literatura científica nacional e internacional (SILVA et al., 2017), embora sua designação na classificação nacional tenha sido de savana estépica (VELOSO, RANGEL FILHO e LIMA, 1991). Por sua grande abrangência territorial e características peculiares, tem sido considerada como um domínio (ANDRADE-LIMA, 1981) e, mais recentemente, como um dos grandes biomas brasileiros (SILVA et al., 2004). No primeiro caso, teria uma extensão de 835 mil km<sup>2</sup> e, no segundo, de 734 mil km<sup>2</sup>. A diferença não se deve às distintas categorias e sim reflete a falta de uma caracterização definitiva do que seria a Caatinga.

Diversos fatores dificultam sua caracterização. Em primeiro lugar, em geral, as vegetações não se estabelecem com limites nítidos e com gradações lineares e as transições estendem-se ora por faixas mais estreitas, ora mais largas e estes ecótonos podem ser enquadrados em qualquer dos dois tipos confrontantes. Em segundo lugar, os fatores ambientais e evolutivos (ou históricos) que condicionam um tipo de vegetação nem sempre ocupam uma área contínua e deixam encaves com condições diferentes, habitados por vegetações com características distintas.

Grandes áreas podem ser tratadas como manchas de vegetação disjunta, mas é pouco prático criar miríades de pontos de exceção dentro de um aglomerado maior. Além de que, cada ponto teria ainda sua própria transição e não está isolado, interagindo com o ambiente do entorno. No caso da Caatinga, a ocorrência de áreas de exceção é ainda mais marcante porque a maior condicionante da vegetação é a deficiência hídrica sazonal e essa deficiência tem uma grande variabilidade espacial, desde a escala local, com vales mais úmidos que as encostas, recebendo as águas que escoam destas, até a escala

regional, na qual as movimentações das diferentes massas de ar causam precipitações com quantidades e distribuições variadas.

Complica ainda mais a questão, o fato das delimitações das vegetações pretenderem enquadrar o potencial ou a cobertura original das vegetações e terem que lidar com a ausência de registros passados e com uma situação presente na qual boa parte da vegetação original foi alterada pelo manejo ou substituída por plantações.

Contrasta com estas indefinições e dificuldades o entendimento empírico de quem vive na região e trabalha com a Caatinga. Alguém nesta condição teria pouca dificuldade em reconhecer o que é Caatinga, em distingui-la das vegetações vizinhas e em determinar onde ela deveria estar, mas foi substituída. A questão passa por um conjunto de características que se sobrepõem até certo ponto, as quais precisam ser consideradas em grupo sem que nenhuma delas seja determinante, se tomada isoladamente. É como reconhecer um rosto familiar, o que é fácil, enquanto pode ser muito mais difícil tentar descrevê-lo de modo que outra pessoa o reconheça, principalmente na ausência de alguma característica pouco usual e facilmente detectada.

A caracterização da Caatinga não pode ficar só no reconhecimento de quem já conhece. Para ser científica precisa ser feita de modo que qualquer um confronte as informações com as observações em um determinado lugar e possa decidir se a vegetação do lugar é ou não é Caatinga. Entretanto, na literatura científica, pouco tem sido feito do exercício para definir as características marcantes da Caatinga. Rodal e Sampaio (2002) identificaram três características básicas, simplificadas em Sampaio (2010): “1) a vegetação que cobre uma área grande e mais ou menos contínua, no Nordeste do Brasil, submetida a um clima semiárido, bordejada por áreas de clima mais úmido; 2) a vegetação com plantas que apresentam características relacionadas com o processo adaptativo à deficiência hídrica (caducifolia, herbáceas anuais, suculência, acúleos e espinhos, predominância de arbustos e árvores de pequeno porte, cobertura descontínua de copas); e 3) a vegetação com algumas espécies endêmicas a esta área semiárida e com algumas espécies que ocorrem nesta área e em outras áreas secas mais distantes, mas não nas áreas circunvizinhas”.

A caracterização não é a ideal, mas seria importante que o tema fosse retomado em um fórum amplo e específico para se obter uma definição consensual mais detalhada. Ela dá margem a algumas dúvidas, entre outras: 1) remete à classificação de semiárido, basicamente climática, mas que pode ter mais de uma vertente; 2) exclui as áreas de exceção como se a deficiência hídrica não fosse uma condicionante forte; 3) restringe a denominação à vegetação regional e foge de seu enquadramento em categorias mais amplas, como as florestas secas ou savanas; e 4) não trata das áreas de transição. Enquanto não se formula uma caracterização mais detalhada, pode-se adotar a delimitação e a descrição geral feita pelo Ministério do Meio Ambiente (SILVA et al., 2004) e por Silva et al. (2017).

## Caracterização Ambiental

Dos seis fatores físicos que afetam as plantas, as concentrações de  $O_2$  e de  $CO_2$  têm pouca influência na vegetação da Caatinga, não causando diferenciação em relação às vegetações vizinhas e nem quanto às subdivisões internas. A alta intensidade luminosa e a pouca variação no comprimento dos dias e das noites, típicas das regiões intertropicais, diferencia a Caatinga de outras vegetações de zonas temperadas, mas também não causa diferenciações internas, pois toda a área de Caatinga situa-se entre 2 e 18° de latitude sul. Por esta localização, a temperatura também varia pouco internamente, mas distingue a Caatinga das vegetações brasileiras mais ao sul. A temperatura também é pouco afetada pela altitude porque a grande maioria dos pontos culminantes de todos os estados com Caatinga, exceto a Bahia, pouco ultrapassa os 1000 m. Os poucos graus a menos nas serras e chapadas mais altas, entretanto, resultam em menor evapotranspiração potencial, maior ocorrência de orvalho e, junto com chuvas mais abundantes, pelo efeito orográfico, condicionam menor deficiência hídrica. Este efeito está mais relacionado ao fator água, o quinto dos fatores físicos e o mais importante na Caatinga, o qual será discutido em seguida, ficando a disponibilidade de nutrientes, como sexto fator e para o final desta seção.

A disponibilidade hídrica é, sem sombra de dúvidas, o fator predominante no condicionamento da vegetação da Caatinga. Em toda sua área, a evapotranspiração potencial (EP) é alta, por causa das temperaturas elevadas (médias anuais entre 20 e 30 °C) e da umidade relativa do ar baixa (médias anuais entre 40 e 60%), ficando quase sempre acima de 1500 mm por ano mas chegando a 2500 mm (REDDY, 1983). A precipitação anual (PA) é bem mais baixa, oscilando nas áreas de Caatinga de 300 a 1000 mm, como média histórica, mas podendo ser bem maior ou bem menor em algum ano. Com isso, a relação PA:EP fica abaixo de 0,65, que caracteriza os climas subúmidos e semiáridos.

Nas áreas de Caatinga, o clima semiárido constitui o núcleo que se estende do norte de Minas Gerais, passando pela porção interior do Nordeste, até atingir a costa no norte do Rio Grande do Norte e do Ceará. O clima subúmido margeia este núcleo ao sul, leste e oeste, em uma faixa relativamente estreita. A Caatinga está basicamente restrita a estes climas. Externamente, na direção leste, já mais próximo à costa, o clima vai ficando mais úmido e os terrenos eram ocupados originalmente com matas, variando de secas a chuvosas, com um gradiente de maior a menor precipitação do sul ao norte. Nas direções sul e oeste, a precipitação também fica mais abundante, porém com uma sazonalidade mais marcada de cerca de seis meses secos e seis chuvosos e os terrenos eram ocupados originalmente com vegetação de cerrado.

Se este é o padrão geral, o panorama interno é mais complexo. Contribui para esta complexidade a disparidade de massas de ar que trazem chuva à região, vindo de praticamente todos os quadrantes e quase todas diminuindo a descarga de chuvas à medida que adentram o núcleo semiárido. A combinação do efeito dessas massas pode resultar em um ano muito chuvoso em um local, beneficiado pelas chuvas de mais de

uma frente, e um ano de seca em outro local, onde nenhuma frente trouxe muita chuva. A orografia modifica o efeito das massas de ar, com mais chuva a barlavento e menos a sotavento, criando a “sombra das montanhas”, ainda mais seca. Os Cariris Velhos da Paraíba, incluindo Cabaceiras, o município de menor precipitação no Brasil, exemplifica o efeito formado pelo maciço da Borborema bloqueando as chuvas que vêm do Atlântico, da direção sudeste. Na Borborema também ficam os pontos mais altos e de maior precipitação, conhecidos localmente como brejos de altitude, antigamente cobertos de florestas montanas. Estas florestas têm uma vegetação floristicamente distinta das Caatingas arbóreas (PORTO et al., 2004; RODAL e SALES, 2008; CAVALCANTE et al., 2000; VICENTE, 1997), mas pertencem ao bioma Caatinga pela interação que têm com a Caatinga circundante, assim como matas de galeria pertencem ao bioma Cerrado.

As massas de ar e a orografia têm também influência na distribuição das chuvas ao longo do ano. Em geral, a precipitação é unimodal e concentrada em três a cinco meses do ano, na maior parte da área ocorrendo no verão e outono. Mas, dentro deste período, pode haver uma variação de meses no início da época de chuvas e a distribuição dentro do período é muito irregular. São frequentes as chuvas de grande intensidade (mais de 100 mm em um dia) seguidas de semanas sem chuva. O resultado é que a vegetação fica sujeita a uma deficiência hídrica anual de mais de seis meses e a deficiências ocasionais de duração mais curta. Acresçam-se os períodos de seca, nos quais a precipitação pode ficar bem abaixo da média por mais de um ano, e o quadro geral é de submissão das plantas a um forte déficit hídrico, para o qual têm de desenvolver adaptações específicas.

Dentro do mosaico desse padrão regional há, ainda, variações na disponibilidade hídrica que descem até a escala local. Primeiro, tem influência a topografia local. As águas escoam dos topos e encostas e perpassam ou concentram-se nos vales, onde podem criar lagoas e rios, temporários ou permanentes. Ainda que não se formem cursos de água, a água que percola até os vales prolonga a disponibilidade hídrica quando as chuvas cessam, o que, frequentemente, dava lugar a Caatingas mais exuberantes. Delas, pouco resta porque os vales também são as áreas mais favoráveis para os cultivos e suas Caatingas foram as primeiras a ser derrubadas. Influencia, em seguida, o tipo de solo. Solos mais profundos e mais argilosos acumulam mais água. Nos vales, os solos tendem a ser mais profundos, pelo acúmulo de sedimentos erodidos das encostas e, junto como o maior aporte de água, explicam as Caatingas mais exuberantes.

Superpostos ao efeito topográfico, os solos dependem primordialmente da formação geológica. Na região das Caatingas predominam duas grandes formações: 1) a área sedimentar, que ocupa as chapadas (Ibiapaba, Araripe, Apodi e Diamantina), o oeste da região, incluindo o Piauí e parte do oeste de Pernambuco e Bahia, e a bacia sedimentar do Tucano – Jatobá, que vem do Recôncavo Baiano até cruzar o São Francisco nas cercanias do município de Floresta, em Pernambuco, e acaba no Catimbau, do município de Buíque; e 2) a grande depressão sertaneja, escavada por milhões de anos na antiga cobertura sedimentar e que redescobriu o escudo cristalino pré-cambriano.

Na primeira formação são típicos os solos profundos, de arenosos a argilosos, geralmente de baixa fertilidade, enquadrados como Latossolos (21% da área de Caatinga),

Argissolos (15%) e Neossolos quartzarênicos (9%). Na segunda formação, a diversidade de tipos de solo é grande, a maior no Brasil, formando um mosaico extremamente subdividido, em função do que restou da antiga cobertura e da nova pedogênese no cristalino e nos sedimentos depositados pela erosão. Os tipos mais característicos são solos rasos, por vezes pedregosos e ricos em bases, como os Neossolos litólicos (19%) e Luvisolos (13%), ou com camadas adensadas e de baixa permeabilidade, como os Planossolos (9%), ou, ainda, com horizontes ainda pouco diferenciados, como os Neossolos regolíticos (4%).

Em todos estes solos, o acúmulo de matéria orgânica é baixo, por causa da baixa produção de biomassa vegetal e aporte de serapilheira (em geral, 2 a 4 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>; Moura et al., 2016), conjugado à alta fotodegradação (PARTON et al., 2007) e mineralização (SALCEDO e SAMPAIO, 2008), levando à baixa disponibilidade de nitrogênio e, possivelmente, de enxofre. Fósforo também é um nutriente limitante em muitos destes solos, em especial nos de formação sedimentar, enquanto os níveis de potássio, cálcio e magnésio são deficientes em menor proporção (MENEZES et al., 2005). Pouco se sabe sobre a disponibilidade de micronutrientes.

## Tipos de Caatingas

É provável que as diferenças na disponibilidade de água e nutrientes definam os padrões de distribuição de fisionomias e de espécies de plantas das Caatingas. As informações científicas sobre este tema ainda são incipientes, mas tem avançado, mostrando a separação de Caatingas de áreas sedimentares e do cristalino (MORO et al., 2016). O conhecimento popular tem separado tipos de Caatinga, em geral com designações regionais, muitas vezes ligadas a fatores não vegetacionais e sempre sem uma descrição clara de características da vegetação. Já reconhecida por Luetzelburg (1922/1923) e retomada por Duque (1980), havia a separação em Agreste, Caatinga, Carrasco, Cariris Velhos, Curimataú, Seridó, Serras e Sertão.

Do Rio Grande do Norte à Bahia, a faixa no limite leste das Caatingas, com distribuição de chuvas mais regulares e, portanto, com Caatingas de maior porte, recebe o nome de Agrestes. Em Pernambuco, o Agreste é uma região fisiográfica que contrasta com a dos Sertões, mais a oeste. Nos Agrestes, há menor deficiência hídrica ao longo do ano, do que a observada nos Sertões, e isto tem sido refletido na classificação da vegetação hipoxerófila versus hiperxerófila, usada pelos cientistas da área de solos (JACOMINE et al., 1973).

Na Paraíba, as áreas do Curimataú e dos Cariris Velhos teriam Caatingas mais secas que as do Sertão, assim como são secas, abertas e de baixo porte as Caatingas do Seridó, que se estende ao Rio Grande do Norte. Neste último caso, os solos rasos e pedregosos reforçariam a deficiência hídrica. Estas designações, principalmente no caso dos Cariris Velhos, referem-se a situações regionais específicas ligadas à ocupação indígena e não são traduzidas em tipos vegetacionais definidos.

Sobre os solos arenosos da Ibiapaba – Araripe e parte da *cuesta* sedimentar do Piauí (VELLOSO et al., 2002), a vegetação recebe o nome de Carrasco (ARAÚJO et al.,

1998a; ARAÚJO e MARTINS, 1999) e tem sido caracterizada como Vegetação Caducifolia Não Espinhosa (ALCOFORADO FILHO et al., 2003). Entretanto, há também manchas caracterizadas como encaves de cerrado (COSTA e ARAÚJO, 2007; COSTA et al., 2004). A descrição do carrasco é uma exceção que contrasta com a falta de descrição dos outros tipos de vegetação no bioma Caatinga. Carrasco tem sido identificado pela sua maior densidade de plantas, menor frequência de cactáceas e outras plantas espinhosas e flora com muitas espécies não presentes nas Caatingas de cristalino. Algumas destas características repetem-se nas Caatingas de areia da bacia sedimentar do Tucano – Jatobá (RODAL et al., 1999; FIGUEIRÊDO et al., 2000; GOMES et al., 2006) e das dunas continentais da Bahia (ROCHA et al., 2004) mas há diferenças de flora.

Na classificação da savana estépica (VELOSO, RANGEL FILHO e LIMA, 1991), foi usada uma divisão baseada na densidade e frequência de árvores e arbustos: Caatingas arbóreas, arbustivas e parque. O mesmo princípio foi retomado no refinamento adotado nos trabalhos do projeto PNUD-FAO-IBAMA-SUDENE (1993), visando avaliar o estoque de lenha disponível: arbórea fechada, arbustiva arbórea fechada e arbustiva arbórea aberta. São classificações práticas, mas que deixam em aberto a questão da antropização da vegetação. Descrevem com certa precisão a situação presente, mas ou fazem estimativas de qual seria a vegetação potencial, inferindo das condições ambientais, mas com toda a incerteza inerente a este processo, ou têm maior proporção que o real de classificações de vegetação baixa e aberta, correspondendo a estádios de regeneração da vegetação, depois da descontinuação dos diversos usos (agropastoris e extrativistas).

Tentativa de divisão das Caatingas com critérios mais abrangentes que os de densidade e porte foi proposta por Andrade-Lima (1981). Ele incluiu critérios florísticos, identificando os gêneros ou mesmo espécies principais dentro de cada tipo de Caatinga. O trabalho foi revisto por Rodal e Sampaio (2002) que tentaram espacializar os 12 tipos da classificação de Andrade-Lima, relacionando-os com as divisões das grandes unidades de paisagem do zoneamento agroecológico do Nordeste (SILVA et al., 1993). É interessante constatar que alguns dos tipos melhor caracterizados correspondem às divisões regionais tradicionais da nomenclatura popular. Uma das divisões de Andrade Lima foi a Caatinga arbórea de porte alto do norte de Minas Gerais e centro-sul da Bahia, a única área reconhecidamente de Caatinga fora da região Nordeste (identificada pelos gêneros na época classificados como *Tabebuia*, *Aspidosperma*, *Astronium* e *Cavanillesia*). Outras divisões do mesmo trabalho (7, 8, 9 e 10), reunidas na unidade IV, não foram localizadas em áreas específicas, mas disseminadas por toda a área de Caatingas e englobaram Caatingas provavelmente alteradas pela intervenção humana.

## **Antropismo**

A área de Caatinga foi ocupada pelo menos desde a chegada das levas humanas que dominaram o continente americano há pouco mais de dez mil anos (Sampaio et al. 2017). As pinturas e esculturas rupestres são o melhor indício desta ocupação que não deixou marcas de construções. O efeito desta ocupação na vegetação é desconhecido,

mas estima-se que tenha sido pequeno porque a densidade populacional deve ter sido baixa em consequência da escassez de recursos, especialmente água. Na ausência de técnicas de acumulação e condução de água em larga escala, os núcleos populacionais localizavam-se nas beiras de rios e lagoas e junto às fontes das serras. A abertura de clareiras para construção de aldeias e pequenos plantios pouco marcava o ambiente por suas pequenas dimensões, com abandono periódico e provável retorno ao mesmo local após períodos suficientes para a recuperação da vegetação. As queimadas acidentais ou intencionais para facilitar a caça podem ter tido um efeito maior, mas não há certeza quanto a este fato.

Atualmente, as queimadas não são um grande problema nas áreas das Caatingas porque o fogo propaga-se pouco na falta de massas adensadas de combustível. Muito dessas massas corresponderia às herbáceas secas e elas são consumidas pelo gado presente em quase toda a Caatinga. Antes da colonização europeia, na ausência de grandes rebanhos herbívoros, pode ter havido mais acúmulo de massas e queimadas maiores. Pouco antes da chegada dos europeus, a expansão da ocupação tupi-guarani pela costa deve ter empurrado para o interior as tribos locais e esta movimentação deve ter incrementado a densidade populacional em torno dos pontos com água, além de provavelmente ter gerado conflitos localizados. Ainda assim, o efeito da ocupação deve ter sido pequeno.

Os portugueses trouxeram o gado e com ele foram sendo ocupadas as áreas de Caatinga, partindo da costa baiana em direção ao São Francisco já na segunda metade do século XVI. As ocupações, holandesa e quilombola, na costa ao norte da desembocadura do São Francisco interromperam o avanço a partir desta frente que só foi retomado no final do século XVII. No século seguinte, a ocupação consolidou-se, restando pouco a ser dividido em sesmarias, a maior parte dos futuros núcleos populacionais já estabelecidos e com o gado ocupando toda a área, constituindo a chamada “civilização do couro”. As construções de açudes, barragens, cacimbas e cacimbões ampliaram a disponibilidade de água para as populações humanas e animais. A partir daí, estas populações cresceram no seu ritmo natural, multiplicando-se de cinco a dez vezes a cada século.

A ocupação pelo gado, ainda que tenha incorporado parte da população indígena, contava com pouca mão-de-obra e, junto com a dificuldade de plantio no semiárido, levou à criação dos rebanhos usando a Caatinga como pasto nativo, em um sistema extensivo. O efeito na vegetação herbácea, consumida numa escala sem precedentes, é desconhecido, por falta de registros da época. É provável que tenha havido larga substituição de espécies mais palatáveis pelas menos procuradas pelos animais. Na vegetação arbustiva e arbórea, o efeito foi a preservação de uma boa cobertura de nativas. A finalidade útil garantiu a preservação. Mesmo com o adensamento das populações, este uso pastoril ainda faz com que cerca de metade da área originalmente de Caatinga seja coberta de vegetação nativa.

O sistema extensivo implicava em ter o gado à solta e as roças das culturas alimentícias cercadas. Estas roças, a princípio eram poucas, limitadas pela baixa

demanda e circunscritas às áreas com condições mais favoráveis, principalmente vales. O sistema de cultivo era itinerante, com ciclos de plantio de poucos anos, seguidos de pousios longos, de mais de dez anos, e, fechando o ciclo, uma nova derrubada e queima da vegetação regenerada. Do século XVIII até quase o final do século XX, o algodão arbóreo estabeleceu-se como cultura comercial e as roças aumentaram o ritmo de expansão, subiram as encostas e chegaram a ocupar cerca de 15% da área de Caatinga. Os tempos de pousio diminuíram, principalmente nas áreas melhores. Mas, em geral, o sistema itinerante continuou garantindo a manutenção de alguma vegetação nativa em estágio de regeneração. No final do século passado, o algodão arbóreo deixou de ser plantado e de lá até hoje os plantios de milho e feijão foram ficando cada vez menos rentáveis. Como consequência, acredita-se que a ocupação de roças vem diminuindo, mas não há levantamentos recentes e sistemáticos que comprovem esta suposição. Há dados que mostram uma cobertura maior de Caatinga na última década (Aide et al., 2013).

A extração de madeira, principalmente lenha, acompanhou o avanço da ocupação humana, mas até a poucas décadas o uso era inferior ao que ficava disponibilizado pela derrubada da vegetação para novas roças. O crescente uso industrial, em padarias, casas de farinha e principalmente grandes pólos industriais, como o gesseiro, em Pernambuco, criou uma demanda independente da agricultura, levando ao corte da vegetação mesmo em áreas não apropriadas para cultivo. Plantios de madeira para lenha são raros e a exploração continua baseada no corte da vegetação nativa. Ainda que contribua para retalar ainda mais a Caatinga, o período de regeneração da biomassa necessário à formação de madeira garante a preservação de vegetação nativa, assim como a agricultura itinerante, e com menor impacto ambiental que essa. Também garantem a preservação outros usos extrativistas (óleos, ceras, medicinais) e a interação com a criação de abelhas.

Uma substituição mais drástica da vegetação nativa é o plantio de pastagens com espécies introduzidas, especialmente capins africanos. É um processo recente, iniciado há poucas décadas, e que já recobre cerca de 20% da área original de Caatinga. Em algumas áreas, principalmente na Bahia e nos Agrestes de Sergipe ao Rio Grande do Norte a proporção é maior, enquanto nas áreas mais secas são menos plantados porque os capins produzem pouco e não resistem a períodos secos maiores. A vegetação de Caatinga tende a reocupar seu espaço, mas as pastagens são mantidas com fogo e roço.

Todos estes usos tornaram a Caatinga hoje um grande mosaico de pequenos trechos de poucos hectares com diferentes tempos de regeneração da vegetação. Caatingas preservadas sem maiores impactos humanos há mais de cinco décadas são poucas, mesmo em áreas oficiais de preservação, que são poucas, em geral pequenas e quase todas estabelecidas há relativamente poucos anos.

## Flora

É natural que a grande área ainda coberta por vegetação nativa de Caatinga (mais de 400 mil km<sup>2</sup>) e a grande diversidade ambiental na região semiárida, incluindo os encraves, as zonas de transição e até os corpos de água, resultem em um grande número de espécies presentes. Embora este número não seja uma cifra fechada, pela descoberta eventual de novas espécies, pela imprecisão dos limites da Caatinga e também pelas alterações na taxonomia, tem-se hoje uma boa aproximação, e o número deve crescer pouco no futuro. Giulietti et al. (2006) contabilizaram 5344 espécies de fanerógamas. Só o que poderia ser descrito como a área mais típica de Caatinga teria 1512 espécies, incluindo no mínimo 318 endêmicas. É um número muitíssimo mais alto que o adotado poucas décadas atrás quando as estimativas ficavam na casa das dezenas.

Uma das explicações para este crescimento tão grande foi o aumento no número de levantamentos, mas a principal razão foi a agregação das informações existentes para distintos locais, iniciada em 1996 (BARBOSA et al., 1996). Isoladamente, cada levantamento local revela uma flora relativamente pobre, inferior a uma centena por hectare, mas o conjunto multiplica-se por causa das diferenças entre áreas. Esta observação conduz a duas importantes consequências. A primeira é que nas Caatingas a diversidade beta é alta, enquanto a alfa é baixa. A segunda é que fica mais difícil identificar um conjunto de espécies representativas da Caatinga. Com isso fica difícil estabelecer critérios florísticos que distingam a Caatinga das vegetações circundantes. Frequentemente, a separação tem sido feita mais pela ausência na Caatinga de espécies típicas destas vegetações circundantes.

Considerando apenas as Caatingas no seu sentido mais estrito, as principais famílias, em número de espécies, são: *Fabaceae*, com 278; *Convolvulaceae*, com 103; *Euphorbiaceae*, com 73; *Malpighiaceae*, com 71; *Poaceae*, com 66; e *Cactaceae*, com 57 espécies (GIULIETTI et al., 2006). Nas áreas enquadradas como florestas do bioma Caatinga, as famílias mais importantes são: *Fabaceae*, com 184 espécies; *Rubiaceae*, com 137; *Euphorbiaceae*, com 95; *Poaceae*, com 74; e *Orchidaceae*, com 73. Nos cerrados, também enquadrados no bioma Caatinga, as famílias importantes são: *Asteraceae*, com 207 espécies; *Fabaceae*, com 151; *Poaceae*, com 90; *Rubiaceae*, com 86; *Cyperaceae*, com 72; e *Melastomataceae*, com 51. As famílias mais importantes nos encraves de campos rupestres são quase as mesmas das áreas de cerrado. Pode-se considerar, comparando estes números, que as famílias mais típicas das Caatingas senso estrito e ausentes nos encraves e transições são *Convolvulaceae* (103 espécies na Caatinga *stricto sensu* contra 17 e 16 espécies, nas matas e cerrados), *Malpighiaceae* (71 contra 2 e 8 espécies) e *Cactaceae* (57 contra 23 e 5 espécies, respectivamente).

Pelas suas estruturas distintas, a presença das *Cactaceae* chama atenção no meio da vegetação arbustiva e arbórea e, por isso, tem sido considerada uma marca das Caatingas. No entanto, nem todos os tipos de Caatingas são ricos em cactáceas e, por outro lado, a presença de espécies de cactáceas nos encraves ou transições de florestas (e, em menor grau, cerrados) não quer dizer que sejam comuns nestas vegetações, estando presentes, frequentemente, como poucas plantas isoladas.

As Caatingas são intermediárias entre as florestas e os cerrados e campos rupestres quanto à presença relativa de herbáceas e subarbustos versus árvores e arbustos. Embora os levantamentos tenham sido feitos em poucos locais (ARAÚJO et al., 2005; REIS et al., 2006), o padrão que se solidifica é de um maior número de espécies destas plantas de pequeno porte que o das arbustivas e, principalmente, arbóreas (MORO et al., 2016). Nos cerrados e campos rupestres, a presença das herbáceas é ainda maior que nas Caatingas, enquanto nas florestas é menor.

Todas estas comparações consideram apenas número de espécies por família, mas uma análise mais precisa teria de levar em conta as espécies em si. Mesmo que os números sejam semelhantes, como os das leguminosas, com riqueza alta em todos os locais, as espécies são distintas. Não há espaço para esta análise neste texto limitado pela necessidade de abordar outros temas.

Esta discussão anterior focou nas semelhanças e diferenças entre o que seriam as floras das Caatingas *stricto sensu* e das vegetações reconhecidamente distintas que ocorrem no meio ou nas bordas do domínio das Caatingas. Falta ser feita a análise das floras dos diversos tipos de Caatinga que poderiam ser enquadrados como Caatingas no sentido estrito. Apenas a flora dos carrascos foi comparada com a das Caatingas de cristalino, notando-se a quase ausência de *Cactaceae* e a maior presença de famílias praticamente ausentes nas Caatingas, como *Myrtaceae*.

Nestas Caatingas mais típicas, um aspecto notável e que reflete a baixa diversidade alfa nas Caatingas é a grande concentração de indivíduos de poucas espécies. É comum que mais de 50% dos arbustos e árvores de um local pertençam a apenas duas ou três espécies (SAMPAIO, 1995; ALCOFORADO FILHO et al., 2003). Entretanto, como outras características, esta pode ser bastante influenciada pelo antropismo. Sem dúvida, as fases iniciais de regeneração da vegetação após uso agrícola das áreas são marcadas pela grande dominância de uma ou poucas espécies. Jurema preta, *Mimosa tenuiflora* (Willd. Poir.), e marmeleiro, *Croton sonderianus* Müll. Arg., têm sido identificados com estas fases iniciais, formando, por vezes, comunidades quase monoespecíficas (SAMPAIO et al., 1998. PEREIRA et al., 2003). À medida que o tempo passa, a diversidade vai aumentando, mas há pouca informação sobre a velocidade das mudanças e sabe-se que esta velocidade varia em função das condições ambientais. Como o histórico de uso da maior parte das áreas de Caatinga costuma ser desconhecido, não se sabe quantas décadas precisam decorrer até que a diversidade atinja um máximo. Também não se sabe se as observações feitas acerca da dominância de poucas espécies em Caatingas um pouco mais antigas apenas refletem medidas em estádios intermediários no processo de regeneração.

## Estrutura

Considerando a diversidade ambiental e florística das Caatingas é natural que a estrutura da vegetação também seja bem diferente de uma área para outra. Estas diferenças podem ser discutidas do ponto de vista qualitativo e refinadas com

aspectos quantitativos. A melhor abordagem qualitativa é considerar diferentes formas de vida.

A separação de vegetação herbácea, rasteira ou de porte muito baixo e de arbustos e árvores mais altos caracteriza a grande diferença fisionômica dos campos e das florestas ou matas. É uma divisão internacionalmente feita e não muito bem definida no caso da Caatinga que ora é enquadrada como uma mata seca ora como uma savana (SILVA et al. 2017). Sem dúvida, nas áreas com maior disponibilidade hídrica, sem restrições graves na disponibilidade de nutrientes e sem maiores distúrbios antrópicos, a Caatinga tem o dossel contínuo que caracteriza as florestas. Nas áreas mais favoráveis, quando luz passa a ser o fator limitante e a competição se dá por sombreamento das plantas abaixo, este dossel pode atingir 30 m de altura, mas, em geral, não ultrapassa 20 m. Mesmo onde a deficiência hídrica é extrema, como nos Cariris Velhos da Paraíba, a vegetação é uma mata muito baixa (8 a 10 m), mas fechada. Já o antropismo resulta em áreas mais abertas, às vezes típicas de savana, uma aparência reforçada quando a intervenção foi para formação de pastagem. Como este tipo de intervenção atinge proporções grandes da Caatinga, o enquadramento baseado na aparência atual poderia ser de savana, mas estaria errado se fosse considerada a vegetação primitiva ou potencial. Entretanto, há áreas onde, naturalmente, as árvores e arbustos altos são menos densos e há um extrato contínuo de herbáceas, que pode formar uma camada de até 1 m de altura se houver exclusão dos rebanhos domésticos. Trechos do Seridó, no Rio Grande do Norte (AMORIM et al., 2005) e Paraíba, e do vale do Salgado, na Bahia (FEITOZA, 2003), exemplificam esta vegetação. Ela foi caracterizada como o tipo 9 de Andrade-Lima (1981), o único que inclui um gênero de gramínea como identificador (*Aristida*).

Nestas Caatingas mais altas e de maior competição por luz, cipós e epífitas ocorrem com maior abundância e diversidade florística, que vão decrescendo à medida que a água passa a ser um fator mais disputado. Entretanto, raramente estão ausentes, como já foi suposto para a Caatinga como um todo, e só em poucas áreas chegam a ser marcadamente notadas, como na transição das matas de cipó, da Bahia. As cactáceas, como já mencionado, são típicas de algumas feições de Caatinga, mas estão ausentes em outras. O mesmo se dá como as palmeiras, formando aglomerados em algumas áreas. São notáveis: os carnaubais, *Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore, de baixios inundáveis do Rio Grande do Norte, Piauí e, principalmente, Ceará; a abundância de licuri, *Syagrus coronata* (Mart.) Becc., em trechos arenosos de Alagoas, Pernambuco e, principalmente, Bahia; e alguns babaçuais, *Attalea* spp., em transições de cerrado do Ceará e Piauí. Há ainda que mencionar as vegetações dos corpos d'água (FRANÇA et al., 2003; GIULIETTI et al., 2006), as quais não terão maior descrição neste capítulo.

Do ponto de vista quantitativo, geralmente a estrutura é expressa por medidas de altura, densidade, diâmetros de caules e copas, proporção de cobertura e biomassa, e as áreas têm valores que vão de zero até o limite máximo já registrado em alguma Caatinga. Discutir as áreas com valores zero interessa apenas porque são áreas descampadas e, parte delas, áreas degradadas por impacto antrópico, algumas com um processo dificilmente reversível de degradação. Na faixa de valores positivos, os máximos podem

servir para estabelecer limites, mas correspondem a valores extremos, de indivíduos ou comunidades excepcionais, e têm menor valor descritivo que a identificação das faixas de maior frequência da medida dentro do contínuo existente.

As alturas e diâmetros, em qualquer comunidade, geralmente seguem a distribuição conhecida como “j invertido”, na qual predominam as classes de baixos valores, correspondendo a muitos indivíduos jovens ou de baixo porte. Nas Caatingas, o interessante é registrar que as proporções de indivíduos com mais de 8 m de altura e de 12 cm de diâmetro de caule são muito baixas (SAMPAIO, 2010). Nos carrascos, as proporções de indivíduos finos são maiores que em Caatinga estrito senso (ARAÚJO et al., 1998b). Excluindo as plantas com menos de 3 cm de diâmetro, as densidades em Caatingas aparentemente maduras costumam ficar entre 1.000 e 3.000 indivíduos por hectare e nos carrascos entre 3.000 e 5.000, correspondendo a áreas basais entre 20 e 40 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. Nestas Caatingas, as áreas de copa têm sobreposição de três a quatro vezes sobre o terreno (30 a 40 mil m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) e as biomassas ficam entre 20 e 40 Mg ha<sup>-1</sup>. Naturalmente, algumas áreas têm áreas basais e biomassas maiores, havendo registros de até 48 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> (SAMPAIO, 1996) e mais de 150 Mg ha<sup>-1</sup> (SAMPAIO e FREITAS, 2008; CASTANHO et al., 2020), mas também áreas mais abertas, como a de Santa Teresinha, na Paraíba, com menores densidade, área basal, sobreposição de copas e biomassa (SOUZA, 2010).

As densidades e biomassas de herbáceas são função inversa das coberturas das árvores e arbustos. Em geral, há de uma dezena a uma centena de herbáceas por m<sup>2</sup> (ARAÚJO et al., 2005; REIS et al., 2006) e as biomassas são menores que 2 Mg ha<sup>-1</sup>, mas, em áreas abertas, as densidades podem ultrapassar 1000 indivíduos por m<sup>2</sup> (SANTOS et al., 1992) e as biomassas podem atingir 6 Mg ha<sup>-1</sup> (FREITAS et al., 2012). Na estação seca, a maioria das herbáceas morre, assim como caem às folhas da maioria das árvores e arbustos. No entanto, em algumas áreas, o solo permanece coberto de bromélias e cactáceas rasteiras, que não secam.

## **Quadro resumido das Caatingas**

A Caatinga provavelmente estendia-se por quase um milhão de hectares, a maior parte correspondendo às regiões de clima subúmido e semiárido. Entretanto, há inúmeros enclaves de maior umidade, desde as áreas mais altas, cobertas de florestas montanas ou cerrados, até os corpos d'água, com sua vegetação característica. A disponibilidade de nutrientes varia de solos férteis e profundos aos pouco férteis e rasos, refletindo a enorme variabilidade de tipos, a maior entre os biomas brasileiros. A variabilidade de disponibilidades hídrica e de nutrientes levou a uma flora diversificada, com pelo menos cinco mil espécies de fanerógamas, e fisionomias que vão de campos a matas densas. Atualmente, predominam as Caatingas arbustivas e relativamente abertas, como resultado da intensa exploração antrópica das Caatingas como pastagens nativas, parte do ciclo de agricultura itinerante e para produção de lenha. Se o uso resultou em modificação das Caatingas originais e no enorme mosaico de áreas em distintos estádios de regeneração, também foi responsável pela preservação

da cobertura nativa em cerca de metade da área primitiva. Esta cobertura permanece apesar das poucas e pequenas áreas reservadas oficialmente como de preservação permanente.

## Referências

AIDE, T.M.; CLARK, M.L.; GRAU, H.R.; LÓPEZ-CARR, D.; LEVY, M.A.; REDO, D.; BONILLA-MOHENO, M.; RINER, G.; ANDRADE-NÚÑEZ, M.J. e MUÑIZ, M. 2013. Deforestation and reforestation of Latin America and the Caribbean (2001–2010).

**Biotropica** 45: 262–271.

ALCOFORADO FILHO, F.G.; SAMPAIO, E.V.S.B. e RODAL, M.J.N. 2003. Florística e fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifólia arbórea em Caruaru, Pernambuco. **Acta Botanica Brasilica** 17: 287-303.

AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E.V.S.B. e ARAÚJO, E.L. 2005. Flora e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de Caatinga do Seridó, RN, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 19: 615-623.

ANDRADE-LIMA, D. 1981. The Caatingas dominium. **Revista Brasileira de Botânica** 4: 149-163.

ARAÚJO, E.L.; SILVA, K.A.; FERRAZ, E.M.N.; SAMPAIO, E.V.S.B. e SILVA, S.I. 2005. Diversidade de herbáceas em microhabitats rochoso, plano e ciliar em uma área de Caatinga, Caruaru, PE. **Acta Botanica Brasilica** 19: 285-294.

ARAÚJO, F.S. e MARTINS, F.R. 1999. Variações estruturais e florísticas do Carrasco no planalto da Ibiapaba, estado do Ceará. **Acta Botanica Brasilica** 13: 1-14.

ARAÚJO, F.S.; SAMPAIO, E.V.S.B.; FIGUEIREDO, M.A.; RODAL, M.J.N. e FERNANDES, A.G. 1998a. Composição florística da vegetação de carrasco, Novo Oriente – CE. **Revista Brasileira de Botânica** 21: 15-26.

ARAÚJO, F.S.; SAMPAIO, E.V.S.B.; RODAL, M.J.N. e FIGUEIREDO, M.A. 1998b. Organização comunitária do componente lenhoso de três áreas de carrasco em Nova Oriente – CE. **Revista Brasileira de Biologia** 58: 85-95.

BARBOSA, M.R.V.; MAYO, S.J.; CASTRO, A.A.J.F.; FREITAS, G.L.; PEREIRA, M.S.; GADELHA NETO, P.C. e MOREIRA, H.M. 1996. Checklist preliminar das angiospermas. In: SAMPAIO, E.V.S.B.; MAYO, S.J. e BARBOSA, M.R.V. (Eds.) **Pesquisa botânica nordestina: progresso e perspectivas**. Sociedade Botânica do Brasil, Recife. p.253-415.

CASTANHO, A.D.A.; COE, M.; ANDRADE, E.M.; WALKER, W.; BACCINI, D.A. C. e FARIN, M. 2020. A close look at above ground biomass of a large and heteogeneous Seasonally Dry Tropical Forest - Caatinga in North East of Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 92: e20190282.

CAVALCANTE, A.M.B.; SOARES, J.J. e FIGUEIREDO, M.A. 2000. Comparative phytosociology of tree sinusiae between contiguous forests in different stages of succession. **Revista Brasileira de Biologia** 60: 551-562.

COSTA, I.R. e ARAÚJO, F.S. 2007. Organização comunitária de um enclave de cerrado *sensu stricto* no bioma Caatinga, chapada do Araripe, Barbalha, Ceará. **Acta Botanica Brasilica** 21: 281-291.

COSTA, I.R.; ARAÚJO, F.S. e LIMA-VERDE, L.W. 2004. Flora e aspectos auto-ecológicos de um enclave de cerrado na chapada do Araripe, Nordeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 18: 759-770.

DUQUE, J.G. 1980. **O Nordeste e a lavoura xerófila**. ESAM, Mossoró. Coleção Mossoroense, 143.

FEITOZA, M.O.M. 2003. **Diversidade e caracterização fitossociológica do componente herbáceo em áreas de Caatinga no nordeste do Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

FIGUEIRÊDO, L.S.; RODAL, M.J. e MELO, A.L. 2000. Florística e fitossociologia de uma área de vegetação arbustiva arbórea caducifólia espinhosa no município de Buíque - Pernambuco. **Naturalia** 25: 205-224.

FRANÇA, F.; MELO, E.; GÓES NETO, A.; ARAÚJO, D.; BEZERRA, M. G.; RAMOS, H. M.; CASTRO, I. e GOMES, D. 2003. Flora vascular de açudes de uma região do semiárido da Bahia, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 17: 549-559.

FREITAS, A.DS.; SAMPAIO, E.V.S.B.; SILVA, B.L.R.; CORTEZ, J.S.A. e MENEZES, R.S.C. 2012. How much nitrogen is fixed by biological symbiosis in tropical dry forests? 1. Herbs. **Nutrient Cycling in Agroecosystems** 94: 181-192.

GIULLIETI, A.M.; CONCEIÇÃO, A. e QUEIROZ, L.P. 2006. **Diversidade e caracterização das fanerógamas do semiárido brasileiro**. Associação Plantas do Nordeste, Recife. 488 p.

GOMES, A.P.S.; RODAL, M.J.N. e MELO, A.L. 2006. Florística e fitossociologia da vegetação arbustiva subcaducifólia da Chapada de São José, Buíque, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 20: 37-48.

- JACOMINE, P.K.T.; CAVALCANTI, A.C.; BURGOS, N.; PESSOA, S.C.P. e SILVEIRA, C.O. 1973. **Levantamento exploratório**: reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco. Recife: Divisão de Pesquisa Pedológica, Recife. (Boletim Técnico, 26 – Pedologia, 14).
- LUETZELBURG, P. 1922/1923. **Estudo botânico do Nordeste**. Inspetoria de Obras Contra as Secas, Rio de Janeiro.
- MORO, M.F.; LUGHADHA, E.N.; ARAÚJO, F.S. e MARTINS, F.R. 2016. A Phytogeographical metaanalysis of the semiarid Caatinga domain in Brazil. **The Botanical Review** 82: 91-148.
- MOURA, P.M.; ALTHOFF, T.D.; OLIVEIRA, R.A.; SOUTO, J.S.; SOUTO, P.C.; MENEZES, R.S.C. e SAMPAIO, E.V.S.B. 2016. Carbon and nutrient fluxes through litterfall at four succession stages of Caatinga dry forest in Northeastern Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems** 105: 25-38.
- MENEZES, R.S.C.; GARRIDO, M.S. e MARIN, A.M.P. **Fertilidade dos solos no semiárido**. In: XXX CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife, PE. **Anais...Recife, 2005**. v. 1, p. 1-30.1 CD ROM.
- PARTON, W.; SILVE, R. W. L.; BURKE, I. C.; GRASSENS, L.; HARMON, M. E.; CURRE, W. S.; KING, J. Y.; ADAIR, E. C.; BRANDT, L. A.; HART, S. C. e FASTH, B. 2007. Global scale similarities in nitrogen release patterns during long-term decomposition. **Science** 135:361-364.
- PEREIRA, I.M.; ANDRADE, L.A.; SAMPAIO, E.V.S.B. e BARBOSA, M.R.V. 2003. Use-history effects on structure and flora of Caatinga. **Biotropica** 35: 154-165.
- PNUD-FAO-IBAMA-SUDENE. 1993. **Documentos e relatório final**. In: REUNIÃO SOBRE O DESENVOLVIMENTO DO SETOR FLORESTAL DO NORDESTE, 1., 1993, Recife. **Anais... Recife: PNUD-FAO-IBAMA-SUDENE**.
- PÔRTO, K.C.; CABRAL, J.J. P. e TABARELLI, M. 2004. **Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 324 p.
- REDDY, S. J. 1983. Climatic classification: the semiarid tropics and its environment – a review. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 18: 823-847.
- REIS, A.M.S.; ARAÚJO, E.L.; FERRAZ, E.M.N. e MOURA, A. N. 2006. Inter-annual variations in the floristic and population structure of an herbaceous community of “Caatinga” vegetation in Pernambuco, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica** 29: 497-508.

ROCHA, P.L.B.; QUEIROZ, L.P. e PIRANI, J.R. 2004. Plant species and habitat structure in a sand dune field in the Brazilian caatinga: a homogeneous habitat harbouring an endemic biota. **Revista Brasileira de Botânica** 27: 739-755.

RODAL, M.J.N.; NASCIMENTO, L.M. e MELO, A.L. 1999. Composição florística de um trecho de vegetação arbustiva caducifolia, no município de Ibimirim, Pernambuco, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 13: 14-29.

RODAL, M.J.N. e SALES, M.F. 2008. Panorama of the montane forests of Pernambuco, Brazil. In: THOMAS, W.W. e BRITTON, E. G. (Eds.). **The Atlantic coastal forest of Northeastern Brazil**. The New York Botanical Garden, New York. p. 541-559.

RODAL, M.J.N. e SAMPAIO, E.V.S.B. 2002. A vegetação do bioma caatinga. In: SAMPAIO, E.V.S.B.; GIULIETTI, A.M.; VIRGÍNIO, J. e GAMARRA-ROJAS, C.F.L. (Eds.). **Vegetação e flora da caatinga**. PNE/CNIP, Recife. p.11-24.

SALCEDO, I.H. e SAMPAIO, E.V.S.B. 2008. Matéria orgânica do solo no bioma caatinga. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P. e CAMARGO, F.A.O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Metrópole, Porto Alegre. p. 419-441.

SAMPAIO, E.V.S.B. 1995. Overview of the Brazilian Caatinga. In: BULLOCK, S.H.; MOONEY, H.A. e MEDINA, E. (Eds.). **Seasonally dry tropical forests**. Cambridge University Press, Cambridge. p. 35-63.

SAMPAIO, E.V.S.B. 1996. Fitossociologia. In: SAMPAIO, E.V.S.B.; MAYO, S.J. e BARBOSA, M.R.V. (Eds.) **Pesquisa botânica nordestina: progresso e perspectivas**. Sociedade Botânica do Brasil, Recife. p.203-224.

SAMPAIO, E.V.S.B. 2010. Características e potencialidades. In: GARIGLIO, M.A.; SAMPAIO, E.V.S.B.; CESTARO, L.A. e KAGEYAMA, P. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. p. 29-48.

SAMPAIO, E.V.S.B.; ARAÚJO, E.L.; SALCEDO, I.H. e TIESSEN, H. 1998. Regeneração da vegetação de caatinga após corte e queima, em Serra Talhada, PE. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 33: 621-632.

SAMPAIO, E.V.S.B. e FREITAS, A.D.S. 2008. Produção de biomassa na vegetação nativa do semiárido nordestino. In: MENEZES, R.S.C.; SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H. **Fertilidade do solo e produção de biomassa no semiárido**. Editora UFPE, Recife. p.11-26.

SAMPAIO, E.V.S.B.; MENEZES, R.S.C.; SAMPAIO, Y.S.B. e FREITAS, A.D.S. 2017. Sustainable agricultural uses in the Caatinga. In: SILVA, J.M.; LEAL, I.R.; TABARELLI, M. (Org.). **Caatinga: The largest Tropical Dry Forest region in South America**. Springer, New York. p.413-428.

SANTOS, M.F.A.V.; RIBEIRO, M.R. e SAMPAIO, E.V.S.B. 1992. Semelhanças vegetacionais em sete solos de caatinga. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 27: 305-314.

SILVA, F.B.R.; RICHÉ, G.R.; TONNEAU, J.P.; SOUZA NETO, N.C.; BRITO, L.T.L.; CORREIA, R.C.; CAVALCANTI, A.C.; SILVA, A.B.; ARAÚJO, F.J. C. e LEITE, A.P. 1993. **Zoneamento agroecológico do Nordeste**: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico. EMBRAPA-CPTSA, Petrolina.

SILVA, J.M.C.; TABARELLI, M.; FONSECA M.T. e LINS, L.V. (Org.). 2004. **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. MMA. – UFPE – Conservation International – Biodiversitas – Embrapa Semiárido. Brasília. 382p.

SILVA, J.M.; LEAL, I.R.; TABARELLI, M. (Org.). **Caatinga: The largest Tropical Dry Forest region in South America**. Springer, New York. 482 p.

SOUZA, D.G.; SFAIR, J.C.; DE PAULA, A.S.; BARROS, M.F.; RITO, K.F. e TABARELLI, M. 2019. Multiple drivers of aboveground biomass in a human-modified landscape of the Caatinga dry forest. **Forest Ecology and Management** 435: 57-65.

SOUZA, L.Q. 2010. **Fitossociologia em áreas com diferentes históricos de uso e fixação biológica de nitrogênio em caatinga madura na Paraíba**. Dissertação de Mestrado, UFPE.

VELLOSO, A.L.; SAMPAIO, E.V.S.B. e PAREYN, F.G. (Ed). **Ecorregiões do bioma Caatinga. Resultados do Seminário de Planejamento Ecorregional da Caatinga – 1ª Etapa**. Brasília: The Nature Conservancy /Associação Plantas do Nordeste, 2002. 75 p.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R. e LIMA, J.C.A. 1991. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. IBGE, Rio de Janeiro. 123 p.

VICENTE, A. 1997. Levantamento fitossociológico de mata mesófila decídua na Serra de Itabaiana, Sergipe. **Publicações Avulsas do Centro Acadêmico Livre de Biologia** 1: 23-27.

# 2

## Desafios para a restauração de terras secas

*Renato Soares Vanderlei<sup>1</sup>*

*Flávia de Barros Prado Moura<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde – UFAL – Laboratório de Plantas Tropicais - CRad Baixo São Francisco – *Campus* A.C. Simões. Tabuleiro dos Martins. Maceió – AL

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pernambuco – UFPE – Laboratório de Ecologia Vegetal Aplicada, Departamento de Botânica. Cidade Universitária. Recife – PE.

### Introdução

Terras Secas – do inglês “*Drylands*” – são áreas onde a precipitação média é menor que a perda da umidade através da evaporação e transpiração local.

Por possuírem características ambientais bastante peculiares, como períodos constantes de escassez hídrica, alta incidência luminosa, grande variação entre as temperaturas diurnas e noturnas e solos com baixos índices de matéria orgânica, as terras secas possuem elevados níveis de endemismo, uma vez que as espécies são evolutivamente adaptadas a estas condições.

Ecosistemas de terras secas são extremamente importantes em escala global, possibilitando a disponibilidade de recursos para forragem animal, comida, combustível e moradia, garantindo a subsistência de aproximadamente 35% da população humana. Estas áreas são cruciais para a conservação da biodiversidade e provisão de serviços ecossistêmicos, como cerca de 36% do armazenamento de carbono do planeta, além de segurança alimentar. Contudo, suas paisagens têm sofrido pressão antrópica em todo planeta, resultando em degradação de mais de 20% do seu território original.

Recuperar áreas de terras secas tem sido um grande desafio para pesquisadores em várias partes do mundo. Neste capítulo, serão discutidos fatores ecológicos relacionados à restauração, os esforços realizados em diversas partes do mundo e os principais obstáculos que precisam ser enfrentados.

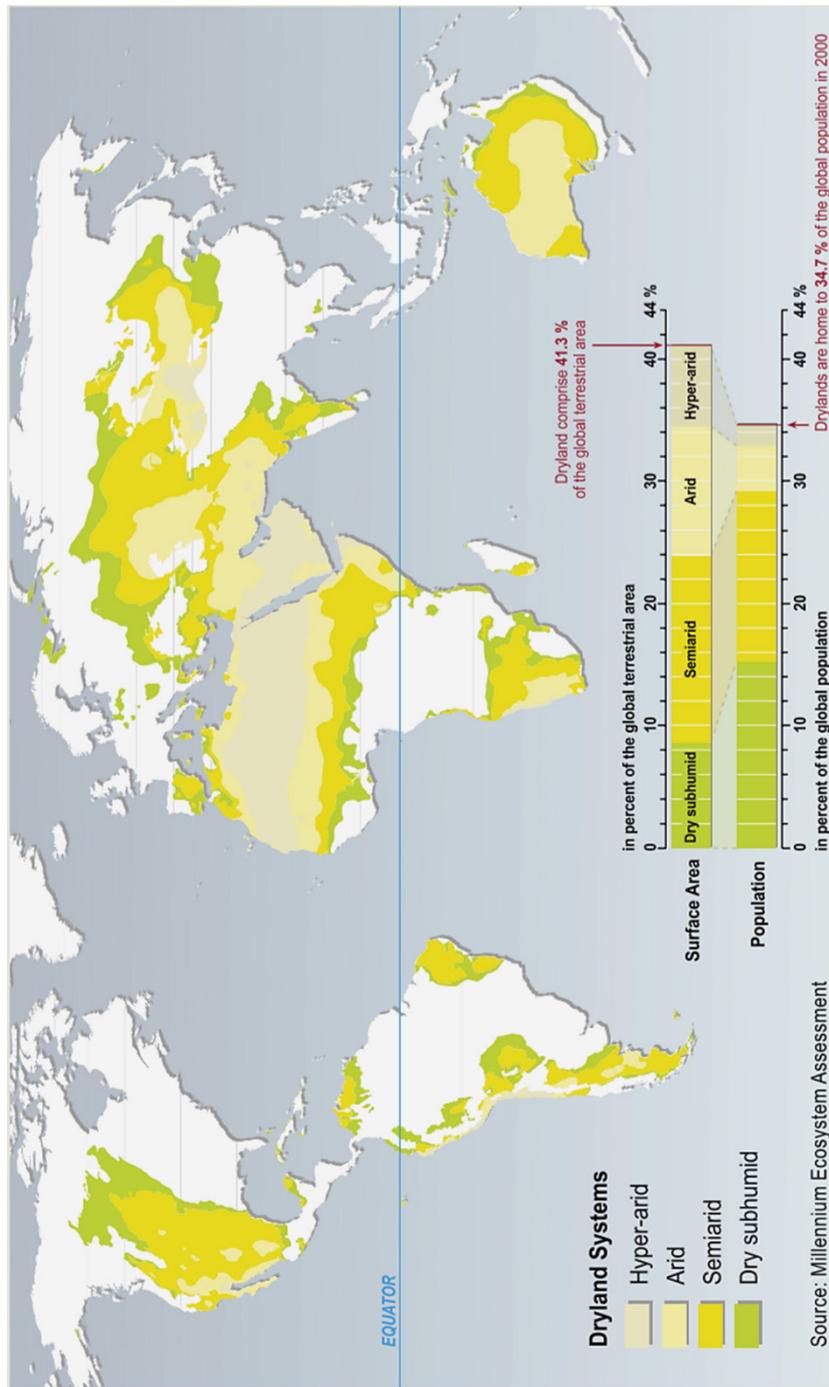
### Terras secas

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO – *Food and Agriculture Organization*), terras secas são caracterizadas pela escassez de água que afeta ecossistemas naturais e manejados, limita a produção de pecuária, a

culturas de alimentos, a produção de plantas forrageiras e afeta serviços ecossistêmicos. O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) define terras secas pelo Índice de Aridez, sendo este índice uma proporção entre a média da precipitação anual e a evapotranspiração potencial total anual, devendo ser abaixo de 0,65. Estes órgãos subdividem as terras secas quatro categorias: hiperáridas, áridas, semiáridas e sub-úmidas-secas (FAO, 2015).

Regiões áridas são caracterizadas por pastagens anuais adequadas para animais de pastoreio, contendo, algumas vezes, áreas irrigadas ao longo de rios perenes. As regiões semiáridas são consideradas savanas espinhosas com espécies de gramíneas anuais e perenes que historicamente têm sido desmatadas para agricultura e pecuária e suporta as mais altas densidades populacionais das terras secas. Ambientes sub-úmidos secos são compostos por florestas de folhas largas de savana, copas das árvores maiores e mais densas e gramíneas perenes. Uma característica em comum destas subdivisões é alta variabilidade de chuvas concentrada em estações chuvosas curtas.

As terras secas estão localizadas nos cinco continentes, cobrindo acima de 45% da superfície terrestre e abrigando mais de dois bilhões de pessoas. Há maior prevalência na Oceania (89% do território); América Central e Caribe (58%) e África (43%) (Figura 1).



**Figura 1** - Sistemas de terras secas (*Dryland systems*). Eles incluem todas as regiões terrestres onde o cultivo, forragem, madeira e outros serviços ecossistêmicos são limitados pela disponibilidade hídrica. Formalmente, a definição engloba todas as áreas onde o clima é classificado como sub-húmido seco, semiárido ou hiper-árido. Esta classificação é baseada em índices de aridez. Este mapa está presente no relatório “*Global guidelines for the restoration of degraded forests and landscapes in drylands*”, da *Food and Agriculture Organization* (2015). Os dados são da base de dados da Avaliação Ecossistêmica do Milênio (2000) (do inglês *Millenium Ecosystem Assessment*).

## Biodiversidade de terras secas

Uma característica marcante dos ecossistemas de terras secas é a instabilidade climática. Apesar disso, estes ambientes mantêm sua integridade funcional enquanto se ajustam às variações dos diversos fatores bióticos e abióticos. A escassez de água tem desempenhado um papel importante na diversidade de espécies destes locais, mas variações de topografia, geologia, tipo e qualidade de solo também são fatores importantes neste processo. Ao contrário do que se pensa, estas regiões variam e muito em termos de condições ambientais.

Ecossistemas de terras secas cobrem uma variedade de biomas terrestres extremamente heterogêneos. Eles abrangem desde os desertos frios como o Gobi, na Mongólia, até os desertos escaldantes como o Saara, passando por regiões de estepes e pastagens, onde tanto o clima quanto a latitude influenciam decisivamente a diversidade biológica. A altitude é outro fator bastante variável, uma vez que terras secas ocorrem desde as áreas basais, como a depressão Danakil na Etiópia, até as altas terras secas da Bolívia e no Afeganistão. Estes ecossistemas abrigam grupos de plantas peculiares, como cactos e suculentas na floresta tropical sazonalmente seca da Caatinga Brasileira; árvores gigantes como o baobá Africano, e muitas das gramíneas do mundo. No geral, 64% de todas as aves, 55% dos mamíferos e 25% dos anfíbios podem ser encontrados em terras secas.

As adaptações que a fauna e a flora das terras secas apresentam têm sido lapidadas ao longo de suas histórias evolutivas, mostrando uma diversidade com estratégias ecológicas incríveis aos diversos fatores que exercem pressão nesses ambientes. Os principais fatores que têm induzido a diversificação da vida nestas regiões incluem o padrão de sazonalidade de chuvas, queimadas e a herbivoria. Estes fatores, combinados com as características secas recorrentes e imprevisíveis, altas temperaturas, solos com baixa fertilidade e alta incidência de salinização, têm selecionado uma imensa gama de características adaptativas ou traços funcionais.

Períodos curtos de chuva selecionaram espécies que podem completar seu ciclo reprodutivo mais rapidamente; extensos períodos de seca desenvolveram uma variedade de mecanismos em diferentes organismos, incluindo as habilidades de escapar, evitar e tolerar a seca. A pressão sofrida por queimadas e herbivoria, por exemplo, levou à seleção de plantas que resistem e persistem no sistema (e.g. capacidade de rebrotar ou investimento em órgãos subterrâneos) ou que necessitem de tais impactos para sua reprodução e propagação (e.g. sementes dormentes). Outras características morfológicas e fisiológicas das plantas, como a redução no número e na área foliar; desenvolvimento de cutículas e tricomas e fechamento de estômatos em períodos diurnos foram outras estratégias desenvolvidas para a adaptação. Em resumo, as pressões ambientais selecionaram diversas estratégias que afetam a aptidão das espécies aos ambientes de terras secas (SBSTTA, 1999) (Quadro 1).

Quadro 1 - Adaptações biológicas às condições climáticas em terras secas. Fonte: Adaptações biológicas às condições das terras secas - SBSTTA, 1999.

- *Drought escapers*: plantas que “escapam” da seca com ciclo de vida curto que se completa na estação chuvosa, com sementes que podem apresentar dormência; ou insetos que “escapam” da seca em fase de ovo ou larval até o período úmido voltar;
- *Drought evaders*: plantas como o “arbusto salino” *Atriplex sp.* (Amaranthaceae), uma espécie Australiana com um sistema radicular profundo, amplo e eficiente, ou animais como serpentes e lagartos que evitam o calor enterrando seus corpos abaixo do solo;
- *Drought resisters*: plantas que armazenam a água nas partes vegetativas como raiz e tronco, podendo estas atuar na fotossíntese; ou camelos, que apresentam estratégias para mitigar sua perda;
- *Drought endurers*: arbustos e árvores que reduzem suas taxas metabólicas, ou animais como sapos que entram em processo de estivação<sup>2</sup> durante as estações mais secas.

## Recursos naturais e serviços ecossistêmicos

Grande parte das espécies das terras secas geram produtos importantes para a subsistência de seus habitantes, uma vez que estas regiões são o lar das populações humanas mais pobres e negligenciadas no planeta. Estes recursos naturais desempenham um papel crucial na luta contra a pobreza, sendo o principal foco em estratégias de gestão de risco ambiental. Ainda, os recursos naturais destas áreas contribuem amplamente para a economia global, seja através dos serviços ecossistêmicos, do uso de matéria prima ou, principalmente, do cultivo de alimentos e da pecuária. Estima-se que cerca de 44% dos sistemas de cultivos mundiais estão nas terras secas e que estes ecossistemas suportam 50% da pecuária global (UNDP, 2015), sendo cruciais para a segurança alimentar. Além disso, estas áreas disponibilizam sombra e umidade, atraem polinizadores, protegem nutrientes, reduzem o escoamento de água e erosão do solo. Diversas espécies de plantas cultivadas e raças de gado são originárias e endêmicas destas áreas, proporcionando um reservatório genético cuja importância é cada vez maior, uma vez que as alterações climáticas impulsionam a seleção de novas adaptações e extinção de raças menos adaptadas.

A Avaliação Ecossistêmica do Milênio classifica os serviços ecossistêmicos em quatro amplas categorias (Quadro 2):

<sup>1</sup> Estivação: é um estado de dormência que o animal assume em resposta à condições ambientais adversas, sendo, neste caso, a estação seca prolongada em algumas regiões tropicais

<sup>3</sup>O MEA é um extenso relatório solicitado pelo secretário geral das Nações Unidas em 2000, desenvolvido através de parcerias de diversos países,

1 - Serviços de fornecimento: as florestas e árvores das terras secas são essenciais para os meios de subsistência rurais, sendo as fontes primárias de alimento para os humanos e animais. Seus produtos contribuem majoritariamente para a segurança alimentar, uma vez que cerca de 2,4 bilhões de pessoas usam lenha para cozinhar, aumentando a qualidade nutricional e diversidade de suas dietas. Além disso, a colheita de alimentos é um modo essencial cujo os mais pobres sobrevivem à períodos de insegurança alimentar, como períodos de seca, desastres ambientais e guerra (FAO, 2013). Diversos produtos florestais não madeireiros (NTFP – *Non-timber forest products*), como frutas, sementes, flores, goma, resinas, mel, taninos, corantes, aromatizantes e remédios são extraídos pelas populações locais para subsistência e geração de renda.

2 – Serviços reguladores: as florestas facilitam a infiltração de água no solo e ajudam a manter a umidade do ar, reduzir a erosão pela água e vento (seus sistemas radiculares ajudam a unir o solo) e fornecem sombra para animais, solo e pessoas. Muitas espécies de árvores possuem raízes profundas que acessam águas subterrâneas, possibilitando a redistribuição da água para camadas mais superficiais e melhorando a circulação de nutrientes e o balanço hídrico (DAVIES et al, 2012).

3 – Serviços de suporte: as árvores das terras secas contribuem para a fertilidade do solo ao fixar nitrogênio da atmosfera, recuperar nutrientes abaixo da zona de enraizamento de plantações e reduzir a perda de nutrientes ao prevenir a lixiviação e erosão (BURESH & TIAN, 1998). Além disso, elas têm um papel crucial providenciando habitats para fauna e flora (DAVIES et al, 2012).

4 – Serviços culturais: a vegetação destas áreas contribui para a identidade e diversidade cultural, paisagens culturais e serviços espirituais (LE FLOC'H & ARONSON, 2013), além de inspiração artística. Estes serviços que não podem ser quantificados ou mensurados monetariamente são, por diversas vezes, os motivos mais fortes para a conservação ambiental em escala local.

Quadro 2 – Classificação de serviços ecossistêmicos:

Serviços Ecossistêmicos	
<p><b><u>Fornecimento:</u></b> <i>Produtos ou condições necessárias para fornecimento de:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Comida:</b> - Agricultura, pecuária, produtos marinhos, produtos florestais não-madeireiros;</li> <li>• <b>Matéria-prima:</b> - Madeira, fibra, biocombustíveis, lã, rochas e minerais;</li> <li>• <b>Água fresca:</b> - Manutenção e armazenamento de água;</li> <li>• <b>Recursos medicinais:</b> - Plantas medicinais, cogumelos, fitoquímicos, animais e plantas marinhas, conhecimento tradicional.</li> </ul>	<p><b><u>Regulação:</u></b> <i>Benefícios obtidos da regulação dos processos ecossistêmicos:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Qualidade do ar:</b> - Conversão de gás carbônico em oxigênio, absorção de gases tóxicos;</li> <li>• <b>Sequestro de carbono:</b> - 93% do dióxido de carbono da Terra está armazenado nos oceanos; florestas importantes no estoque de carbono;</li> <li>• <b>Redução de eventos climáticos extremos:</b> cobertura vegetal;</li> <li>• <b>Filtragem ambiental:</b> fauna e flora especializadas;</li> <li>• <b>Manutenção e fertilidade do solo:</b> segurança alimentar;</li> <li>• <b>Polinização e controle biológico:</b> segurança alimentar e habitat;</li> <li>• <b>Regulação do fluxo de água.</b></li> </ul>
<p><b><u>Suporte:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Habitat para espécies:</b> - Florestas fornecem mais de 10% do Produto Interno Bruto (PIB) de diversos países; manutenção de sistemas terrestres e aquáticos garantem a provisão dos demais serviços ecossistêmicos;</li> <li>• <b>Manutenção da diversidade genética:</b> - Conservar a diversidade genética pode garantir a segurança alimentar frente a estresses. Florestas e sistemas aquáticos são repositórios cruciais de diversidade genética.</li> </ul>	<p><b><u>Culturais:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Recreação e saúde física e mental:</b> - Ambientes para práticas de atividades e exercícios físicos;</li> <li>• <b>Turismo:</b> - Desenvolvimento do turismo sustentável para reconectar paisagens urbanas com naturais;</li> <li>• <b>Apreciação estética e inspiração para cultura, arte e design:</b> - Paisagens e biodiversidade como inspiração;</li> <li>• <b>Experiência espiritual e sensação de pertencimento:</b> - Identidade cultural, tradições, cerimônias e locais sagrados.</li> </ul>

## Degradação de áreas de terras secas e desertificação

As terras secas são fontes de subsistência para uma grande parcela da população mundial e provêm recursos e serviços ambientais essenciais para a humanidade. Entretanto, fatores como pressão antrópica, uso inapropriado do solo, uso excessivo da água, cultivo/pastoreio inadequado e a exploração excessiva de madeira para combustível têm resultado no processo de degradação dos solos. Estima-se que pelo menos um terço das terras disponíveis para a agricultura esteja ou altamente ou moderadamente degradada, e que cerca de 1/4 da área total do planeta esteja sofrendo processo de degradação (UNCCD, 2015). Países em desenvolvimento concentram 90% das terras secas do planeta. A baixa produtividade de áreas degradadas pode levar a população a adotar práticas inadequadas, que resultam em maior escassez de água, perda de biodiversidade e diminuição da produtividade do solo, condenando as pessoas dependentes destas regiões à ciclos de pobreza. A constante exploração de recursos florestais, somada às condições climáticas e curto tempo entre os regimes de perturbação resulta no agravamento do processo de desertificação.

Desertificação é um processo definido como a degradação de áreas causada por complexas inter-relações multifatoriais entre a variabilidade climática e as ações antrópicas (FAO, 2000; MEDUGU et al, 2011; UNCCD, 2020). Por sua vez, a degradação da terra é definida como a redução ou perda da produtividade biológica ou econômica das terras secas (UNCCD, 2020), aumentando a necessidade de maior exploração do solo para uma maior produtividade. A desertificação é o resultado de uma falha de continua

e prolongada em equilibrar a demanda e o fornecimento de serviços ecossistêmicos nas terras secas (MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005).

O processo de desertificação põe cerca de um bilhão de pessoas em 110 países em risco, afetando diretamente a sobrevivência das mesmas, causando migração populacional, insegurança alimentar, e situações de conflito. Uma vez que os produtos necessários para uma boa qualidade de vida das pessoas que dependem de recursos florestais são oriundos de produtividade biológica limitada pela disponibilidade hídrica (e.g. agricultura, pecuária, lenha, produtos florestais não madeireiros), uma variação climática irregular e práticas extinguem esses serviços ecossistêmicos afetam a resiliência e fornecimento da floresta (MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). Estima-se que a desertificação pode ter afetado até 12 milhões de km<sup>2</sup> de terras secas (DAVIES et al., 2012).

Medugu et al (2011), por exemplo, apresentam uma série de fatores que levaram à desertificação na Nigéria e que corroboram com os descritos na literatura, sendo vistos em diversas regiões ao redor do planeta, dentre os quais podemos citar: (1) extração de madeira para combustível e construção, levando à menor cobertura vegetal e, conseqüentemente, à desestabilização do clima, erosão e degradação do solo; (2) queimadas (*bush burning*), como agricultura de corte-e-queima, uma prática milenar que faz parte do sistema de agricultura familiar (BIRNIN-YAURI & ALIERO, 2008), mas que pode danificar a estrutura física do solo e volatilizar nutrientes, ou ainda se espalhar para áreas circunvizinhas e atingir outros ambientes e propriedades não-alvos, especialmente em períodos secos; (3) pastoreio excessivo/predação (*overgrazing*), resultante da pecuária extensiva, que tem sido historicamente uma das formas de aproveitamento econômico de diversas regiões, mas que resulta na remoção da vegetação que cobre e protege o solo, o que pode causar a erosão, como também afeta a regeneração natural, uma vez que as plântulas são facilmente predadas e sofrem com o pisoteio (ARAÚJO, 2010). Neste caso específico, tais fatores não foram contidos antes por: 1 – não terem sido reconhecidos nos seus estágios iniciais e 2 – pela ampla disponibilidade de áreas para a população recomeçar as atividades que levariam à degradação.

Estes fatores, combinados com as características do ambiente (condições físicas do solo, vegetação, topografia, variabilidade climática, secas, vento, disponibilidade de água, temperatura), resultam em diversos problemas socioeconômicos e ambientais. Estima-se que 42 bilhões de dólares sejam perdidos anualmente devido à desertificação, enquanto o custo para interrompê-la seria quatro vezes menor (UNITED NATIONS, 1999). Além disso, estes problemas resultam em diversos e contínuos conflitos sociais, processos de migração e queda na produção de alimentos em várias partes do mundo, especialmente na África (UNCCD, 2015). Com isso, áreas abandonadas após a depleção de nutrientes de solo, da cobertura vegetal e dos mecanismos de regeneração (e.g. banco de sementes e capacidade de rebrota) podem resultar num agravamento do processo de desertificação, uma vez que as condições para a regeneração natural da floresta tornam-se precárias. Neste sentido, a interferência humana se torna necessária para auxiliar o processo de regeneração florestal.

## Revegetação

A **restauração ecológica** é o processo de auxílio ao restabelecimento de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído. O ambiente restaurado apresenta-se, do ponto de vista biótico e abiótico, capaz de continuar seu desenvolvimento sem auxílio ou subsídios adicionais; será capaz de se manter tanto estruturalmente quanto funcionalmente; demonstrará resiliência normal aos limites normais de estresse e distúrbio ambientais e interagirá com ecossistemas contíguos em termos de fluxos bióticos e abióticos e interações culturais (SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION, 2004). A escolha dos ambientes-alvos depende do contexto ecológico, socioeconômico e cultural do ambiente em questão.

A restauração ecológica pode ser ativa, sendo utilizadas diferentes técnicas de manejo, ou passiva, que consiste na remoção dos agentes causadores do(s) estresse(s) que resultaram no dano, e então, deixar que o processo de sucessão ocorra naturalmente sem (ou com mínima) intervenção humana. Trabalhos de restauração geralmente combinam ambas as abordagens ativa e passiva (ALLEN, 1993).

Em terras secas, o plantio de árvores e o crescimento de plantas desempenham um papel central ao fornecer benefícios para a população e para a biodiversidade. A copa das árvores e a parte aérea de plantas menores reduzem os impactos negativos da chuva, reduzindo a energia cinética das gotas de chuva quando atingem o solo, o que diminui a possibilidade de erosão; do vento, reduzindo o movimento aéreo das partículas de solo; e do sol, protegendo o solo contra a evaporação excessiva e destruição da microfauna. Além disso, o sistema radicular das plantas mantém a porosidade do solo, auxiliando a infiltração de água. Ademais, a vegetação também contribui para a quantidade de matéria orgânica do solo, o que aumenta a sua fertilidade (FAO, 2015).

**Recuperação** visa recuperar a “estabilidade” da área utilizando espécies nativas e também exóticas que possam se estabilizar mais rapidamente que as nativas, sendo aceitável uma menor diversidade do primeiro grupo, uma vez que o ecossistema também terá altos níveis de funções ecológicas e altas chances de se estabilizar com pouca intervenção humana, embora seja estruturalmente menos complexo que áreas restauradas. As técnicas de manejo são mais presentes em projetos de recuperação do que em projetos de restauração.

Para a restauração e a recuperação de áreas que sofreram estresse, Cortina et al. (2011) sugerem que a escolha das espécies utilizadas seja feita a partir da “vegetação potencial” (termo da fitossociologia Clementesiana), ou seja, a vegetação nativa presente antes do estresse que resultou na necessidade dos processos de intervenção. Em áreas onde as funções ecológicas foram debilitadas, o foco das intervenções deve inicialmente ser na reparação do solo, infiltração e circulação de nutrientes pelo ecossistema em questão.

Ao falar de **Reabilitação** de uma área, falamos em reparo de processos ecológicos, produtividade e serviços de um ecossistema (SOCIETY FOR ECOLOGICAL

RESTORATION, 2004). Algumas características de um ambiente reabilitado podem incluir baixa diversidade e altos índices de espécies exóticas, somados às contínuas aplicações de fertilizantes e irrigação, podendo ter finalidade apenas econômica ou ambiental (VIANA 1990, LE HOUÉROU et al, 2000) (Quadro 3).

**Quadro 3** - Comparação de gastos entre projetos de reabilitação, restauração e recuperação (ALLEN, 1993).

	Reabilitação	Recuperação	Restauração
Valor de conservação	baixo	médio - alto	alto
Valor econômico	alto	médio	baixo
Valor intrínseco	nenhum	médio	alto
Custo para implementação	baixo	médio	alto
Diversidade de espécies	baixo	médio	alto
Manutenção	alto	baixo	mais baixo
Estabilidade	baixo	alto	mais alto

### **Técnicas aplicadas a projetos de restauração e recuperação de áreas degradadas**

Projetos de revegetação podem ser extremamente caros e trabalhosos, uma vez que diversos fatores logísticos e ambientais precisam ser enfrentados e superados. Diferentes técnicas têm sido testadas para projetos de recuperação e restauração de terras secas ao redor do mundo. Os principais fatores bióticos e abióticos que estes projetos em terras secas tentam superar são: altas temperaturas, escassez de água, forrageamento / pastoreio de herbívoros, correção de solo, transporte do material necessário para as áreas-alvo dos projetos, custo da produção de mudas para plantios em larga escala e custos com a sua manutenção. Neste sentido, a escolha de espécies baseada nas suas características ecofisiológicas pode auxiliar no sucesso de projetos de revegetação. Espécies capazes de rebrotar após a perda da biomassa aérea, a partir do caule ou de órgãos subterrâneos, podem acelerar o processo de regeneração florestal, recuperando a cobertura vegetal de forma mais rápida e garantindo a persistência das mesmas frente a diferentes cenários de estresse ambiental.

Algo que deve ser ressaltado é que projetos de restauração e recuperação são investimentos em longo prazo. Diferente de reabilitar um ambiente apenas para fins econômicos com a utilização de fertilizantes e sistemas de irrigação contínuos no intuito do rápido crescimento de espécies selecionadas, ‘tempo’ é um fator crucial para determinar o sucesso de projetos de restauração e recuperação. Para o sucesso destes projetos, a área deve passar pelos processos de sucessão até atingir uma situação próxima ao clímax ou que, ao menos, atinja um estágio no qual seja possível continuar seu processo de sucessão sem a intervenção humana.

## Técnicas para melhorar a qualidade das mudas

Alguns procedimentos podem ser considerados antes de levar as mudas ao local do plantio. Como dito anteriormente, a escolha das espécies é crucial de acordo com o tipo de projeto. Muitos deles têm como procedimento inicial a análise do banco de sementes do solo para identificar as possíveis espécies presentes e focar no uso das mesmas. O uso de espécies leguminosas fixadoras de nitrogênio para recuperação de terras degradadas é uma técnica que pode ser aplicada em diversas situações, já que, por meio da associação com rizóbios, estas plantas podem se tornar autossuficientes em nitrogênio (LIMA, 2012).

Durante o processo de produção de mudas, a técnica de inoculação de fungos micorrízicos tem crescido bastante, uma vez que eles proporcionam o aumento da capacidade das plantas em absorver nutrientes do solo, principalmente o fósforo, maior crescimento e antecipação do plantio de mudas para o campo e maior sobrevivência das plantas, tanto no viveiro quanto após o plantio (MIRANDA & MIRANDA, 2001).

Outro processo amplamente conhecido e utilizado é o de rustificação, ou seja, um processo de aclimação que consiste na redução gradativa da quantidade e intensidade de irrigação, associada a uma diminuição da relação N/K nas adubações de cobertura. Estes procedimentos provocam alterações fisiológicas (diminuição do potencial hídrico foliar, ajuste osmótico, acúmulo de ácido abscísico), e morfológicas (redução da área foliar, aumento da lignificação do caule e da relação raiz/parte aérea) (TEIXEIRA, 2012).

No Brasil, uma técnica que tem ganhado notoriedade é o uso de canos de PVC para a produção de mudas de espécies da Caatinga no intuito das mesmas desenvolverem um sistema radicular mais robusto antes do plantio em campo. Desta forma, as mesmas podem acessar solos mais profundos e absorver mais água. Esta técnica foi produzida pelo Laboratório de Ecologia da Restauração da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, com relatos de aumento da sobrevivência das mudas de 30% para 70%.

## Técnicas para melhorar as condições ambientais em campo

Em campo, outras técnicas têm sido utilizadas na tentativa de superar os estresses sofridos e aumentar a sobrevivência inicial das plantas. Um dos principais procedimentos é a criação de exclosures, áreas cercadas para evitar a entrada de herbívoros predadores. Diversos estudos relatam esta prática e suas vantagens como cruciais em projetos de revegetação, especialmente em projetos de restauração passiva, uma vez que a predação, danos por pisoteio e corte de árvores podem arruinar não só os possíveis esforços realizados na área, como também o processo de regeneração natural (YAYNESHET et al, 2009; GAO et al, 2002).

Segundo Lima (2012), em fases iniciais de recuperação de áreas degradadas, a amenização dos agentes impactantes por meio da cobertura imediata do solo deve ser um passo crucial para o desenvolvimento das etapas seguintes, sendo baseados em

tecnologias que promovam não apenas a utilização de espécies de rápido crescimento, mas que propiciem melhorias nas condições do solo, por meio do aporte de matéria orgânica e aumento da disponibilidade dos demais nutrientes. Tentativas de reflorestar áreas descobertas sem técnicas para amenizar o estresse e melhorar as condições de absorção de água geralmente são malsucedidas (BEUKES et al. 2003).

Uma técnica utilizada para aumentar a disponibilidade hídrica é o hidrogel, um polímero granulado (com vários nomes comerciais) (AL-HUMAID & MOFTAH 2007; ERMANN et al. 1999) que absorve água e a libera lentamente de acordo com a demanda da planta, fazendo com que a água fique disponível por um período maior de tempo, no intervalo entre chuvas ou irrigação. Esta técnica pode resultar num crescimento significativo da biomassa acima do solo e no crescimento das raízes (VALLEJO et al, 2012). A diferença entre o uso do hidrogel e a irrigação direta na planta se dá pelo fato de que, na segunda, ocorre a perda da água que não é absorvida imediatamente pela planta, principalmente em solos arenosos.

Diversos projetos citam o uso e benefícios do hidrogel. Fajardo et al (2013) realizaram experimentos utilizando oito diferentes tratamentos para analisar a sobrevivência e o crescimento de mudas plantadas em uma área em Macanao, Venezuela (média anual de chuvas: 326 – 522 mm; temperatura média: 27,4 °C). Os tratamentos consistiram de combinações de três fatores: água, fertilizante (sulfato de amônia), hidrogel, além de um grupo controle. Todas as mudas foram irrigadas ao menos uma vez por mês. As parcelas contendo apenas hidrogel (15 g por planta) apresentaram maior crescimento e sobrevivência que os demais. Os autores chegaram à conclusão que, para esta área, o uso apenas do hidrogel traz maior custo-benefício. Outros experimentos realizados corroboram com estes resultados (PÉREZ et al, 2010; CHIRINO et al. 2011). Contudo, alguns estudos não obtiveram resultados positivos, como Ruthrof et al (2010), que avaliaram que o uso do polímero foi menos efetivo que outros tratamentos utilizados, incluindo fertilizantes e agentes quelantes. Sarvas et al. (2007) também advertem que altas doses de hidrogel podem causar efeitos negativos.

Outra técnica bastante disseminada é o uso de cobertura orgânica morta para proteção do solo e das mudas contra a perda de umidade e redução da temperatura. A presença da cobertura morta pode aumentar a disponibilidade de nutrientes, proporcionando maior liberação de nitrogênio e fósforo, além de aumentar a disponibilidade de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , dentre outros nutrientes, nas camadas superficiais do solo (CYSNE et al, 2012). Cobertura morta pode ser oriunda do corte de gramíneas e outras invasoras na área-alvo de projetos de revegetação ou fibras diversas, como a casca de coco, a qual também auxilia no combate a erosão do solo, na retenção de água, na redução da temperatura e possui potássio e nitrogênio em sua composição.

Visser et al. (2004) realizaram experimentos para recuperar duas áreas descobertas na região de Nama Karoo, África do Sul, onde a compactação do solo argiloso forma uma crosta impermeável. Foram utilizadas sementes de cinco espécies Africanas de climax e três fatores para compor os tratamentos, sendo eles sementes, pedaços de galho (máx. 5 cm) para cobertura vegetal morta e arado. Os seis tratamentos

foram: sementes; arado (sem sementes, para estimar a recuperação a partir do banco de sementes); sementes + arado; sementes + cobertura; sementes + arado + cobertura e controle. De acordo com os resultados, o melhor tratamento foi o que combinou a três técnicas, embora os tratamentos “arado” e “sementes + cobertura” tenham apresentados resultados também satisfatórios; a cobertura morta com galhos proporcionou um microclima que facilitou a sobrevivência das mudas. Apesar disso, os autores informam que o tratamento que apresenta melhor custo-benefício é o “arado”, mas que o uso de sementes é recomendado para aumentar a taxa de recuperação da vegetação para uma forma mais próxima à original. Outros estudos utilizando cobertura vegetal morta, combinados com gesso, também apresentaram resultados satisfatórios, aumentando a condutividade hidráulica do solo e resultando numa infiltração de água mais profunda (BEUKES et al, 2003).

Existem outras técnicas que estão sendo testadas ao redor do mundo com o intuito de aumentar o sucesso de projetos de revegetação. Cao et al (2008) descreveram o uso de um filme biodegradável que recobrem os lados e o fundo da muda num raio de 60 cm, projetado para desintegrar-se nos períodos chuvosos e evitar o acúmulo demasiado de água. Hao et al (2014) também realizaram experimentos plantando mudas dentro de tubos de PVC com o intuito de reduzir a temperatura e evitar a predação em áreas áridas. Uma terceira técnica é chamada de *Nendo Dango*, ou *seed balls* (bolas de semente), uma técnica que se tornou conhecida através do trabalho do agricultor Japonês Masanobu Fukuoka. Consiste em formar bolas de argila com compostos orgânicos, água e sementes e distribuí-las em áreas que precisem ser revegetadas. O uso de *Nendo Dango* ou *Seed Balls* evita a predação das sementes e provém as condições necessárias para germinação. Estas técnicas, como muitas outras usadas regionalmente, precisam ser testadas quanto a sua eficácia e viabilidade para que venham a ser sugeridas (ou não) para aplicação na restauração de diferentes áreas ao redor do mundo submetidas a diferentes filtros ecológicos.

## Considerações finais

O conhecimento sobre restauração de terras secas, embora tenha se expandido nos últimos anos, ainda possui lacunas a serem preenchidas para possibilitar generalizações e avanços teórico-metodológicos que se traduzam na nossa capacidade de entender os processos de sucessão e atuar de forma efetiva na restauração de áreas áridas e semiáridas. Uma vez que respostas efetivas demandam anos de observação, há uma escassez de análise de resultados de projetos práticos, cujos dados poderiam contribuir para a construção de um arcabouço metodológico para a restauração de *drylands*. Evidenciar as melhores práticas para cada condição ecológica e social é fundamental para ampliar o sucesso e diminuir os custos, que geralmente são muito altos.

É importante ressaltar que a população mundial tem uma projeção de crescimento de 9,6 bilhões de pessoas até 2050 (UN, 2013), e as terras secas irão abrigar uma

parcela de aproximadamente 2,4 bilhões deste total. De acordo com um relatório do Comitê Internacional de Recursos do Programa Ambiental das Nações Unidas lançado em janeiro de 2014, há a previsão de que, em 2050, o mundo poderá precisar de uma quantidade adicional de terras cultiváveis do tamanho do território brasileiro. As previsões de mudanças climáticas trazem cenários de menor precipitação, maior temperatura e secas mais prolongadas (IPCC, 2014), o que resultará em condições mais agravantes para o sucesso de tentativas de restauração ecológica. Além disso, faz-se necessário um conjunto de esforços nos âmbitos sociais, políticos, econômicos e ambientais para a prevenção e mitigação dos impactos da desertificação na provisão de serviços ecossistêmicos em terras secas ao redor do planeta.

Diante do estado atual de degradação, os esforços acadêmicos, sociais e políticos para reverter a degradação de terras secas precisam ser imediatos. Monitorar as consequências das ações humanas e entender as complexas relações entre fome, uso do solo, seca e desertificação são urgentes. Ações precisam ser adotadas, de forma permanente, visando a conservação da biodiversidade, a provisão de serviços ecossistêmicos, a segurança alimentar e a subsistência das populações que dependem da floresta, projetando demandas atuais e futuras.

## Referências

- AL-HUMAID, A.I., MOFTAH, A.E. (2007) Effects of hydrophilic polymer on the survival of buttonwood seedlings grown under drought stress. *J Plant Nutr* 30:53–66
- ALLEN, E. B. (1993) Restoration Ecology: Limits and Possibilities in Arid and Semiarid Lands. Proceedings: Wildland Shrub and Arid Land Restoration Symposium. Las Vegas, NV, October 19-21.
- ARAÚJO, A. C. B. (2010) Efeito do pastoreio de bovinos sobre a estrutura da mata ciliar do arroio espinilho em Sant'ana do Livramento, RS, Brasil. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS).
- BEUKES, P. C.; COWLING, R. M. (2003) Evaluation of Restoration Techniques for the Succulent Karoo, South Africa. *Restoration Ecology*, Vol. 11, Issue 3, pp 308 – 316.
- BIRNIN-YAURI, Y.A.; ALIERO, B.L. (2008) Implications of Bush Burning on Weed Species Diversity, Population Density and Organic Matter Content of the Soil in Birnin-Yauri, Kebbi, Nigeria. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, Vol. 12, No. 1, pp. 53-55
- BURESH, R.J. & TIAN, G. 1998. Soil improvement by trees in sub-Saharan Africa. *Agroforestry Systems*, 53: 51–76.

CAO, S.; CHEN, L.; LIU, Z.; WANG, G. (2008) A new tree-planting technique to improve tree survival and growth on steep and arid land in the Loess Plateau of China. *Journal of Arid Environments*, Vol. 72, Issue 7, pp. 1374-1382.

CHIRINO, E.; VILAGROSA, A.; VALLEJO, V.R. (2011) Using hydrogel and clay to improve the water status of seedlings for dryland restoration. *Plant Soil* 344:99–110.

CORTINA, J.; AMAT, B.; CASTILLO, V.; FUENTES, D.; MAESTRE, F.T.; PADILLA, F.M.; ROJO, L. (2011) The restoration of vegetation cover in the semi-arid Iberian southeast. *Journal of Arid Environments*, Vol. 75, Issue 12, pp. 1377-1384.

CYSNE, J. R. B.; PINTO, C. M.; PINTO, O. R. O.; PITOMBEIRA, J. B. Influência da cobertura morta na produtividade de milho e feijão-caupi em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v.2, n.2, p.92-102, 2012.

DAVIES, J., POULSEN, L., SCHULTE-HERBRÜGGEN, B., MACKINNON, K., CRAWHALL, N., HENWOOD, W.D., DUDLEY, N., SMITH, J. AND GUDKA, M. 2012. *Conserving Dryland Biodiversity*. xii +84p. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/322820535\\_Conserving\\_Drylands\\_Biodiversity](https://www.researchgate.net/publication/322820535_Conserving_Drylands_Biodiversity) [accessed Sep 17 2020].

FAJARDO, L.; RODRÍGUEZ, J.P.; GONZÁLEZ, V.; BRICEÑO-LINARES, J.M. (2013) Restoration of a degraded tropical dry forest in Macanao, Venezuela. *Journal of Arid Environments*, Vol. 88, p. 236-243.

FAO. (2000) Land resource potential and constraints at regional and country levels. *World Soil Resources Report No. 90*. Rome.

FAO. (2013) Towards food security and nutrition: increasing the contribution of forests and trees. In: *Forests for livelihoods and food security*.

FAO. (2015). *Global guidelines for the restoration of degraded forests and landscapes in drylands: building resilience and benefiting livelihoods*, by Berrahmouni, N., Regato, P. & Parfondry, M. Forestry Paper No. 175. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations.

GAO, Y.; YU QIU, G.; SHIMIZU, H.; TOBE, K.; SUN, B.; WANG, J. (2002) A 10-Year Study on Techniques for Vegetation Restoration in a Desertified Salt Lake Area. *Journal of Arid Environments*, Vol. 52, Issue 4, pp. 483-497.

HAO, M.; HUA, Z.; LIN, M.; CAI, R.; ZE, W.; XIN, G.; HUI, F.; XIAOLING, H. (2014) None-Watering and Tube-Protecting Planting Technique for *Haloxylon ammodendron* under Desert and Its Extension. *Scientia Sinica Vitae*, 2014, 44(3): 248-256.

HUTTERMANN, A.; ZOMMORODI, M.; REISE, K. (1999) Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of *Pinus halepensis* seedlings subjected to drought. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v.50, p. 295-304.

LE FLOC'H, É. & ARONSON, J. 2013. *Les arbres des déserts: enjeux et promesses*. Paris, Actes Sud Editions.

LE HOUÉROU, H. N. (2000) Restoration and Rehabilitation of Arid and Semiarid Mediterranean Ecosystems in North Africa and West Asia: A Review. *Journal of Arid Soil Research and Rehabilitation*, 14:3 – 14.

LIMA, K. D. R. (2012) Avaliação de espécies arbóreas e técnicas de plantio para recuperação de áreas degradadas por exploração de piçarra na Caatinga, RN. Dissertação de Mestrado em Ciência do solo – Universidade Federal Rural do Semiárido.

MEDUGU, I. N.; MAJID, M. R.; JOHAR, F. (2011) Drought and desertification management in arid and semi-arid zones of Northern Nigeria. *Manag. Environ. Qual. An Int. J.* Vol. 22, 595–611.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Desertification Synthesis*. World Resources Institute, Washington, DC.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. (2001) Produção de mudas inoculadas com fungos micorrízicos Arbusculares em viveiros. *Recomendação Técnica-Embrapa Cerrados*, Planaltina, No 24, p. 1-2.

MORTIMORE, M.; ANDERSON, S.; COTULA, L.; DAVIES, J.; FACER, K.; HESSE, C.; MORTON, J.; NYANGENA, W.; SKINNER, J.; WOLFANGEL, C. (2009). *Dryland Opportunities: A new paradigm for people, ecosystems and development*. IUCN, Gland, Switzerland; IIED, London, UK and UNDP/DDC, Nairobi, Kenya.

PÉREZ, D.R.; ROVERE, A.E.; FARINACCIO, F.M. (2010) *Rehabilitación en el desierto. Ensayos con plantas nativas en Aguada Pichana, Neuquén, Patagonia*. Vázquez Mazzini Editores, Argentina, p. 66-71.

RUTHROF, K.X., DOUGLAS, T.K., CALVER, M.C., BARBER, P.A., DELL, B., HARDY, G.E., 2010. Restoration treatments improve seedling establishment in a degraded Mediterranean-type Eucalyptus ecosystem. *Australian Journal of Botany* 58, 646-655.

SARVAS, M. (2003) Effect of desiccation on the root system of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.) seedlings and a possibility of using hydrogel STOCKOSORB® for its protection. *Journal of Forest Science*, Praha, v.49, n.11, p.531-536.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL SCIENCE & POLICY WORKING GROUP. (2004). The SER International Primer on Ecological Restoration. [www.ser.org](http://www.ser.org) & Tucson: Society for Ecological Restoration International.

SBSTTA. (1999). Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice. Biological diversity of drylands, arid, semi-arid, savannah, grassland and Mediterranean ecosystems. Draft recommendations to COP5. Montreal, Canada. 16.

TEIXEIRA, L. A. F. (2012) Influência da rustificação no comportamento fisiológico de mudas de *Eucalyptus urograndis* submetidas ao déficit hídrico. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal de Lavras, MG.

UNITED NATIONS (1999). Convention on Combating Desertification Particularly in Africa. Third Session of the Conference of the Parties the United Nations, Recife, Brazil.

UNITED NATIONS (2013) Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Population Prospects: The 2012 Revision. Disponível em: <<http://esa.un.org/undp/wpp/Documentation/publications.htm>>

UNITED NATIONS CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION (UNCCD). Desertification – The invisible frontline. Disponível em: [http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Publications/NEW\\_Invisible\\_%20Front\\_Line\\_%20EN.pdf](http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Publications/NEW_Invisible_%20Front_Line_%20EN.pdf). Acessado em 08 de maio de 2015

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (UNDP) – Drylands. Disponível em: <http://web.undp.org/drylands/a-where.html>. Acessado em 08 de Maio de 2015

VALLEJO, R. V.; ATHANASIOS, S.; ESTEBAN, C.; DAVID, F.; ALEJANDRO, V.; VILAGROSA, A. (2012) Perspectives in dryland restoration: approaches for climate change adaptation. *New Forests*, Vol. 43, Issue 5-6, pp. 561-579.

VIANA, V.M. (1990) Biologia e Manejo de Fragmentos de Florestas Naturais. Anais do Congresso Florestal Brasileiro, São Paulo, SBS, 1:113-118.

VISSER, N.; BOTHA, J.C.; HARDY, M.B. (2004) Re-establishing vegetation on bare patches in the Nama Karoo, South Africa. *Journal of Arid Environments*, Vol. 57, Issue 2, pp. 155-177.

YAYNESHET, T.; EIK, L.O.; MOE, S.R. (2009) The effects of exclosures in restoring degraded semi-arid vegetation in communal grazing lands in northern Ethiopia. *Journal of Arid Environments*, Vol. 73, Issue 4 – 5, pp. 542-549.

# 3

## Interações de facilitação e sucessão ecológica em áreas degradadas no semiárido

*Flávia de Barros Prado Moura<sup>1,3</sup>*

*Bárbara Resende de Moraes<sup>1</sup>*

*Micheline Maria de Lima<sup>2</sup>*

*Lays Klécia Silva Lins<sup>3</sup>*

<sup>1,3</sup>Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde – UFAL – Laboratório de Plantas Tropicais – Crad Baixo São Francisco – *Campus* A.C. Simões, Tabuleiro dos Martins, Maceió – AL

<sup>2</sup>RENORBIO - Rede Nordeste de Biotecnologias – Programa de Pós-Graduação - UFAL.

<sup>3</sup>Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos – UFAL. *Campus* A.C. Simões. Tabuleiro dos Martins, Maceió – AL

### Introdução

A remoção da vegetação da Caatinga tem sido responsável pela perda da fertilidade e degradação do solo. Estima-se que existam 200 mil quilômetros quadrados de terras degradadas no semiárido brasileiro (BARBOSA, 2013).

Recuperar áreas de Caatinga é um processo difícil, que envolve alto investimento financeiro, como na maioria das terras secas do planeta. É necessário encontrar alternativas que contribuam para a regeneração natural e para a sobrevivência das mudas, as quais possam vir a ser aplicadas em larga escala, em áreas degradadas nas Caatingas, aumentando a eficiência e reduzindo custos dos projetos de restauração.

Neste capítulo discutiremos a importância de plantas berçários (do inglês *nurse plants*, também chamadas de plantas enfermeiras) nas Caatingas. Plantas berçários são aquelas que, por algum mecanismo, facilitam o estabelecimento de outras plantas em sua área de influência direta. Discutiremos, principalmente, a importância destas plantas na conservação da diversidade biológica e as possíveis relações de facilitação como catalisadores do processo de restauração, em áreas agrícolas abandonadas, facilitando o processo de sucessão na Caatinga.

## O papel das interações de facilitação em ambientes semiáridos

As interações negativas e positivas – competição e facilitação – ocorrem simultaneamente nas comunidades. O uso das interações positivas entre espécies vegetais para restaurar áreas degradadas tem sido apontado como uma estratégia promissora em diversas partes do mundo, embora estudos experimentais utilizando tais estratégias sejam raros.

A literatura tem sugerido que interações positivas e negativas em comunidades tendem a variar conforme o grau de estresse ambiental: quanto maior o estresse, maior será a ocorrência de facilitação, quanto menor o estresse maior ocorrência de competição (CALLAWAY et al., 2002). A hipótese de gradiente de estresse (Stress-Gradient Hypothesis – -SGH), prevê que a frequência de interações de facilitação e competição irá variar inversamente em diferentes gradientes de estresse abiótico, com a facilitação sendo mais comum em condições de estresse abiótico alto. Isso seria o caso das terras secas. Assim, os ambientes áridos e semiáridos, como a Caatinga, seriam propícios à ocorrência de interações positivas. A maioria dos estudos com o efeito de *nurse plants* tem sido feita em regiões de maior estresse abiótico (ver. FILAZZOLA & LORTIE, 2014).

Segundo Callaway (1995), as espécies associadas às plantas berçários podem se beneficiar por uma maior disponibilidade de nutrientes, oxigênio e água no solo; pela queda na intensidade do vento e amplitude da variação diária de radiação e temperatura. Espécies berçários podem diminuir a abundância de competidores, herbívoros e parasitas potenciais; podem aumentar a chuva de sementes e as interações com organismos fixadores de nitrogênio (MORO et al., 1997; CALLAWAY, 1995).

Na Caatinga predomina uma precipitação baixa e irregular, que varia de 300 a 1000 mm/ano (SAMPAIO, 2010). As plantas da Caatinga possuem diversas adaptações ao estresse hídrico, entretanto a remoção da vegetação lenhosa aumenta o estresse ambiental criando condições mais hostis para a fauna e flora, dificultando de forma extrema a sobrevivência de plantas jovens e limitando severamente a regeneração natural a partir de sementes. Nestas áreas, as espécies associadas a plantas berçários podem ter mais sucesso do que espécies crescendo isoladas em áreas abertas.

No Semiárido Brasileiro, os estudos sobre plantas berçários são recentes. Meiado (2008) estudou a ação facilitadora do arbusto *Trichidium molle* (Benth.) H. E. Ireland. Nesse estudo, *T. molle* foi considerado como uma planta berçário por proporcionar uma diminuição da temperatura e intensidade luminosa, o aumento da umidade relativa do ar e umidade do solo sob suas copas, além de sua presença proporcionar maior quantidade de matéria orgânica e maior concentração de nutrientes os quais poderiam ser absorvidos pelas plantas assistidas. Lima (2012) encontrou tanto um aumento de riqueza quanto de abundância de mudas nas áreas de ocorrência da palmeira ouricuri (*Syagrus coronata* (Martius) Beccar). Araújo (2014) apontou o juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.) como extremamente eficiente na redução da temperatura e encontrou uma relação direta entre o número de mudas de espécies arbóreas de Caatinga e a

proximidade da planta adulta de *Z. joazeiro* em pastagens abandonadas. Vieira et al., (2013) relatou a ação de mofumbo (*Combretum leprosum* Mart.) no processo de sucessão secundária da Caatinga.

Embora pouco documentado, o “efeito enfermeira” pode ter um papel extremamente importante na recuperação da Caatinga. Plantas remanescentes, que foram mantidas de forma seletiva permanecendo na paisagem em áreas antropizadas ou que rebrotaram a partir de seus sistemas radiculares, parecem atuar como “gatilhos” da regeneração natural. Elas podem melhorar as condições do ambiente físico em seu entorno servir de abrigo para a fauna, suporte para epífitas, de poleiro para pássaros, além de sítios de nidificação, alimentação e proteção. Estas plantas não são necessariamente pioneiras; muitas vezes são plantas remanescentes que, por alguma razão, foram poupadas do corte em paisagens antropizadas.

As plantas remanescentes que facilitam o processo de sucessão funcionam como abrigos (*shelters trees*), por sua importância na sobrevivência de espécies de fauna e flora após a remoção da maior parte da vegetação natural. Nas Caatingas “árvores abrigos” são mantidas em pé por suas funções econômicas ou culturais (ex. umbuzeiro, ouricuri, juazeiro) ou são espécies que possuem a capacidade de regeneração rápida a partir do sistema radicular, após o corte e/ou coivara (ex. jurema, catingueira, angico).

É importante diferenciar, no processo de restauração onde se pretenda usar a facilitação, se uma planta facilitadora comum nos ecossistemas locais é uma remanescente ou uma pioneira. Estas plantas possuem diferentes traços funcionais. Num processo de restauração ativo, em geral, há opção de se plantar pioneiras num primeiro estágio. As árvores abrigos, entretanto, são encontradas em áreas em processo de sucessão secundária e não têm, necessariamente, um crescimento rápido nem germinam em áreas com grande estresse. Suas mudas podem não apresentar boa resistência na fase inicial de colonização. Neste caso, quando presentes numa pastagem abandonada, por exemplo, significa que foram deixadas de forma proposital ou rebrotaram a partir de seus sistemas radiculares após o corte raso.

Ambientes antropizados na Caatinga – sejam áreas de pastagem, agricultura ou mesmo áreas abandonadas - podem ser pobres em diversidade biológica pela indisponibilidade de habitats e recursos para a fauna, por exemplo. Árvores remanescentes podem ter um papel importante na conservação da diversidade de forma difusa, aumentando a conectividade entre fragmentos locais.

Lima (2012) relatou, para uma área de 1,5 hectare (três parcelas de 0,5 ha) de pasto abandonado com palmeiras ouricuri, no semiárido alagoano, uma fauna de vertebrados representada por 32 espécies e aproximadamente 190 indivíduos, divididos em anfíbios anuros, répteis, aves e mamíferos (Figura 1). De acordo com a autora, o ouricuri também se mostrou um excelente suporte para epífitas. Um total de 13 espécies de epífitas (Figuras 2 e 3) foi relatado utilizando tronco e cicatrizes foliares como substrato. No solo a presença da palmeira também aumentou a riqueza e abundância de espécies (LIMA, 2012). O mesmo efeito foi apontado para indivíduos adultos de juazeiros em pastagens abandonadas (ARAÚJO, 2014).

O papel de árvores isoladas nas pastagens tem sido apontado por alguns autores como refúgios potenciais para vertebrados (KIMBERLY, 2013) nos trópicos. Este pode ser o caso da Caatinga, onde uma redução de até 8°C foi relatada sob a copa de árvores perenifólias (ARAÚJO, 2014). Se estes mecanismos são realmente eficientes, áreas que poderiam ser pobres em diversidade pela falta de recursos a abrigos para a fauna, por exemplo, teriam sua diversidade parcialmente mantida devido à “árvores abrigos”. Este processo precisa ser mais bem estudado para que a estratégia de deixar árvores de forma proposital para amenizar a perda de diversidade em pastagens, por exemplo, possa vir a ser incorporada a propostas de conservação.



**Figura 1.** Anfíbios anuros, répteis, aves e mamíferos nas cicatrizes formadas pela perda das folhas, na palmeira do ouricuri (Fonte: LIMA, 2012).



**Figura 2.** Cicatrizes formadas na palmeira do ouricuri pela perda da folha. A bainha persistente permite o acúmulo de matéria orgânica e maior umidade, substrato ideal para a fixação de epífitas (Fonte: LIMA, 2012).

Na Caatinga, além dos anteparos físicos, as plantas facilitadoras podem promover maior eficiência no recrutamento e na colonização. Suas copas podem fornecer um microambiente propício a fauna. A presença de árvores em áreas de pastagem ou áreas agrícolas pode ser, portanto, um importante aliado para a conservação e recuperação da Caatinga nordestina. É aconselhável que estudos com objetivo de mensurar a importância da conservação difusa e do papel de plantas como abrigos sejam ampliados visando sugerir ações de conservação e manejo no semiárido brasileiro.



**Figura 3.** Epífitas registradas na copa do ouricuri: Famílias Bromeliaceae, Orchidaceae, Cactaceae, Euphorbiaceae e Araceae (Fonte: LIMA, 2012).

### Facilitação com a formação de núcleos na Caatinga

Entender como as espécies se distribuem numa comunidade vegetal é um dos primeiros passos para compreender a dinâmica e o processo de regeneração. A regeneração natural da Caatinga, incluindo a colonização de habitats abertos, decorrentes de perturbações naturais e antrópicas, tem sido observada como um padrão discreto pelo qual a colonização, iniciada por espécies pioneiras ou remanescentes, cria “moitas” ou núcleos de vegetação, em torno dos quais outras espécies se estabelecem (Figura 4). Juntas, em moitas, espécies podem ser mais eficientes na redução de filtros, que são bastante proeminentes em áreas degradadas e ambientes sujeitos a mais estresse, tais como as Caatingas. Se isso se constitui um padrão, as moitas devem crescer de forma centrífuga. Com o passar dos anos moitas vizinhas se conectam formando uma área de vegetação contínua. Este modelo pode ser um padrão em alguns biomas e precisa ser melhor definido.

A formação de moitas na restauração tem sido discutida por poucos autores, em algumas partes do mundo, desde o trabalho clássico de Yarranton e Morrison (1974). Gomez-Aparício (2009) enfatiza que esses núcleos de vegetação promovem uma rápida revegetação, minimizando os custos e esforços, sendo muito úteis especialmente

para países em desenvolvimento que têm poucos recursos à sua disposição. Neste sentido pesquisadores vêm adotando processos de facilitação como uma importante metodologia no processo de recuperação florestal, embora com diferentes nomenclaturas e estratégias: “Island of fertility” (PUGNAIRE et al., 1996), “Tree Island” (ZAHAWI & AUGSPURGER, 2006; HOLL et al., 2001), “*Applied nucleation*” (CORBIN & HOLL, 2011) e “Nucleação” (REIS, et al. 2010; 2014). Este processo consiste em concentrar espécies (geralmente associadas a anteparos físicos e outras estratégias visando melhorar as condições do solo) em núcleos com melhores condições de fertilidade, umidade, proteção e/ou outros atributos que condicionem um melhor desempenho de mudas plantadas. A nucleação induzida pela concentração de árvores, serapilheira, galharia etc, tem como base a teoria ecológica de sucessão natural, onde os ambientes se tornam, ao longo do tempo, mais favoráveis ao estabelecimento das espécies, pela redução de filtros abióticos.



**Figura 4.** Moita formada pela regeneração de espécies de Caatinga, iniciadas pelo efeito de árvores abrigos, em áreas de pastagem abandonada no sertão de Alagoas (Fonte: Arquivo CRad).

No Brasil os princípios da facilitação têm sido usados para recuperação de áreas degradadas, mas raramente na Caatinga. Moura (2013) sugere uma mudança metodológica na implantação de projetos de recuperação de áreas degradadas na Caatinga, numa tentativa de unir a teoria já existente para adoção de práticas, mais adequadas ao semiárido brasileiro.

### **Considerações finais**

A recuperação da Caatinga requer técnicas inovadoras e eficientes que

possibilitem, de forma eficaz e sem grandes custos, sua recuperação em larga escala. Para isso, é de fundamental importância procurar entender os processos de sucessão nesse tipo de ambiente caracterizado por condições adversas, sobretudo, pelas altas temperaturas e déficit hídrico. Apesar da facilitação ter uma enorme contribuição nos processos de estabelecimento de plantas em áreas abertas, ainda são necessários estudos que identifiquem:

- 1 - Os padrões ecofisiológicos que fazem com que plantas pioneiras no processo de sucessão consigam se estabelecer com sucesso;
- 2 - As espécies nativas com potencial de atuar como *nurse plants* na regeneração de áreas de Caatinga;
- 3 - Os traços funcionais mais frequentes em *nurse plants* – incluindo pioneiras, remanescentes e regenerantes - responsáveis pelo processo de facilitação.

Avançar nestas questões pode ser um caminho para recuperar ambientes sujeitos a estresse. Manter espécies arbóreas em áreas de pasto pode ser uma boa estratégia, que pode ter um papel fundamental não só na regeneração destas áreas, mas atuar como abrigos para a fauna em áreas degradadas. Esse potencial efeito de árvores remanescentes precisa ser melhor investigado na Caatinga.

## Referências

ARAÚJO, G.B., 2014 **O potencial facilitador da espécie enfermeira *Ziziphus joazeiro* Mart. (juazeiro) em áreas de Caatinga**. Dissertação do Mestrado em Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos. Universidade Federal de Alagoas. Maceió.

BARBOSA, H. A. Sistema EUMETCast: **Uma abordagem aplicada dos Meteosat Segunda Geração**. 1ed. Maceió: EDUFAL, v.2, 186p. 2013.

BERTNESS, M. D., CALLAWAY, R. M., 1994. Positive interactions in communities. **Trends in Ecology & Evolution**. 9, 191–193.

CASTANHO, C.D.T.; PRADO, P. I. 2014. Benefit of shading by nurse plant does not change along a stress gradient in a coastal dune. **PLoS ONE**, v. 9, n. 8, p. e105082.

CALLAWAY, R.M. 1995. Positive interactions among plants. *Botanical Review*. 61: 306 – 349.

CALLAWAY, R.M., BROOKER, R.W., CHOLER, P., KIKVIDZ, Z., LORTIE, C.J., MICHALET, R., PAOLINI, L., PUGNAIRE, F.I, NEVIGHAM, B., ASCHEHOUG, E.T., ARMAS, C., KIKODZE, D., COOK, B.J., 2002. Positive interactions among alpine plants increase with stress. **Nature** 417, 844–848.

CORBIN, J.D., HOLL, K.D. 2011. Applied nucleation a forest restoration strategy. **Forest Ecology and Management** v. 265, p. 37-46.

FILAZZOLA, A. AND LORTIE, C. J. 2014, A systematic review and conceptual framework for the mechanistic pathways of nurse plants. **Global Ecology and Biogeography**, 23: 1335–1345. doi: 10.1111/geb.12202.

GÓMEZ-APARÍCIO, L., 2009. The role of plant interactions in the restoration of degraded ecosystems: a meta-analysis across life-forms and ecosystems. *Journal of Ecology*, 97, 1202–1214.

HOLL, K. D., ZAHAWI, R.A., COLE, R.J., OSTERTAG, R., CORDELL, S. 2011. Planting Seedlings in Tree Islands Versus Plantations as a Large-Scale Tropical Forest Restoration Strategy. **Restoration Ecology** v. 19, p. 470–479.

KIKVIDZE, Z., CALLAWAY, R. M. 2009. Ecological Facilitation May Drive Major Evolutionary Transitions. **Bioscience** v. 59, p. 399-404.

KIMBERLY S. SHELDON AND NALINI M. NADKARNI (2013). The use of pasture trees by birds in a tropical montane landscape in Monteverde, Costa Rica. **Journal of Tropical Ecology**, 29, pp 459-462. doi:10.1017/S0266467413000503.

LIMA, M.M. 2012. **Análise da diversidade biológica associada à palmeira ouricuri (*Syagrus coronata*), em áreas degradadas no semiárido brasileiro**. Dissertação do Mestrado em Ecologia Humana e Gestão Socioambiental- Uneb Paulo Afonso.

MEIADO, M.V., 2008. **A planta facilitadora *Trischidium molle* (Benth.) H. E. Ireland (Leguminosae) e sua relação com a comunidade de plantas em ambiente semi-árido no Nordeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco.

MORO, M.J., PUGNAIRE, F.I., HAASE, P., PUIGDEFABREGAS, J., 1997. Effect of the canopy of *Retama shaerocarpa* on its understorey in a semiarid environment. **Functional Ecology** 11, 425-431.

MOURA, F. de B.P., Mendes M.A.C., Ladle, R.J., 2013. Nursing the Caatinga back to health. **Journal of Arid Environments** v. 90, p. 67-68.

PUGNAIRE, F.I., HAASE, P., PUIGDEFÁBREGAS, J. 1996. Facilitation between higher plant species in a semiarid environment. **Ecology**. v. 77, p. 1420-1426.

REIS, A.; BECHARA, F.C. & TRES, D.R. 2010. Nucleação na restauração ecológica tropical. *Scientia Agricola*. (**Piracicaba, Brazil**). v .67, n. 2, p. 244-250.

REIS, A.; BECHARA, F.C., TRES, D.R & TRENTIN, B.E., **Nucleação: concepção biocêntrica para a restauração Ecológica**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 509-519, abr.-jun., 2014.

**SAMPAIO, E.V.S.B, 2010. Características e potencialidades in: Uso Sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da Caatinga** (Gariglio, M.A., Sampaio, E.V.S.B., Cestaro, L.A. & Kageyama, P.Y. orgs.) Serviço Florestal Brasileiro, Brasília, 2010. p. 368.

SCARANO, F.R. 2002. Structure, function and floristic relationships of plant communities in stressful habitats marginal to the Brazilian Atlantic rainforest. **Annals of Botany**, v. 90, n. 4, p. 517–524, 4 set.

SHELDON, K.S. AND NADKARNI, N.M. 2013. The use of pasture trees by birds in a tropical montane landscape in Monteverde, Costa Rica. **Journal of Tropical Ecology**, v. 29, p. 459-462.

SHUMWAY, S.W. 2000. Facilitative effects of a sand dune shrub on species growing beneath the shrub canopy. **Oecologia** 124: 138–148.

VIEIRA, I.R, DE ARAUJO, F.S., ZANDAVALLI, R.B., 2013. Shrubs promote nucleation in the Brazilian semi-arid region. **Journal of Arid Environments** 92, 42-45.

YARRANTON, G. A.; MORRISON, R. G. 1974. Spatial dynamics of a primary succession: nucleation. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 62, n. 2, p. 417-428.

ZAHAWI, R.A., AUGSPURGER, C.K., 2006. Tropical forest restoration: Tree Island as recruitment foci in degraded lands of Honduras. **Ecological Applications** v. 16, p. 464-478.

# 4

## Índice de vegetação no monitoramento da seca no Semiárido brasileiro

*Humberto Alves Babosa<sup>1</sup>*

*Catarina de Oliveira Buriti<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (Lapis) / Instituto de Ciências Atmosféricas – ICAT. UFAL. Campus A.C. Simões. Tabuleiro dos Martins. Maceió – AL.

<sup>2</sup> Instituto Nacional do Semiárido – INSA. Campina Grande – PB.

### Introdução

Um índice ou indicador é definido como uma medida que resume as informações relevantes de um fenômeno particular, cujo objetivo principal é agregar, quantificar e simplificar essas informações, com o intuito de melhorar o seu entendimento e compreensão (BARBOSA e ERTÜK, 2009). A vegetação é um indicador sensível das propriedades que influenciam o clima, a hidrologia, o ciclo biogeoquímico e o balanço de energia de muitos ecossistemas.

O monitoramento da vegetação, em escala regional, é utilizado em diversas áreas de pesquisa, com algumas aplicações particularmente importantes, tais como: monitoramento das secas e safras, controle e alerta de pontos de desastres naturais, desertificação etc. Os serviços de meteorologia e a gestão ambiental terrestre são tradicionalmente suportados no monitoramento do tempo e do clima, apoiados pelo sensoriamento remoto, com base em plataformas espaciais via satélites (WMO, 2009).

Os desastres ocasionados por secas provocam uma escalada de perdas e danos ao meio ambiente e à vida no Planeta, de tal ordem que os prejuízos econômico-financeiros suplantam os orçamentos dos estados, e põem em questão todas as estratégias de desenvolvimento sustentável (BORGIO, 2013). De forma que a adaptação se tornou a nova disciplina, na árdua busca de alcançar possibilidades de suportar certo grau de sustentabilidade, para comunidades e sociedades globais, o processo conta com convergências entre ciências e tecnologias, para geração de mais resiliência.

Em geral, o planejamento e o desenvolvimento contam com a disponibilização de sistemas e plataformas tecnológicas integradas (espaciais, terrestres e oceânicas), compartilhadas entre a pesquisa científica e o suporte pleno à prevenção, resposta e redução de desastres (KAKU e KAWAI, 2010).

Nos últimos anos, ocorreram avanços significativos no monitoramento das alterações ambientais, na Caatinga. A disponibilidade de informações meteorológicas e ambientais, oriundas de satélites, complementam o conhecimento e a capacidade de monitoramento dessas mudanças.

Um dos serviços importantes para realizar esse acompanhamento é o monitoramento de períodos de secas realizado pelo Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS, <http://www.lapismet.com/>) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), com a participação do Instituto Nacional do Semiárido (INSA). O monitoramento das secas, embora ainda em estado inicial, tem contribuído para minimizar seus efeitos, disponibilizando produtos para pesquisadores, produtores, gestores públicos e o público em geral.

As soluções mais necessárias para a geração dos recursos de informação de dados do meio-ambiente, sobretudo nos períodos prolongados de seca, quando o fenômeno da desertificação se potencializa, são reclamadas pela comunidade internacional, tanto científica, como econômica e ambiental. Estas informações sobre os eventos das secas são essenciais para a gestão e o planejamento do seu enfrentamento, buscando desta forma uma explicação mais clara e eficiente sobre as situações de seus impactos, bem como o grau dos riscos e da vulnerabilidade *in situ*.

Os sistemas de monitoramento são imprescindíveis para o conhecimento dos padrões gerais da distribuição temporal e espacial, do uso e mudança na cobertura do bioma Caatinga (BARBOSA, 1998). Todavia, ainda existe um grande descompasso entre o monitoramento e ações efetivas de mitigação, dos efeitos da degradação, do Semiárido brasileiro. Atualmente, são 200 mil quilômetros quadrados de terras degradadas e, em muitos locais, imprestáveis para a agricultura (BARBOSA, 2013). É necessário que se desenvolvam ferramentas de uso fácil, a partir da utilização da tecnologia de informação, a fim de conjugar os conhecimentos, na busca de diagnósticos mais precisos e de estratégias eficazes, para tratar da degradação e dos problemas a ela associada.

No âmbito do sensoriamento remoto da atmosfera, um dos sensores mais utilizados, para o monitoramento continental, é o sensor *Spinning Enhanced Visible and InfraRed Image* (SEVIRI). Esse sensor está a bordo dos satélites Meteosat Segunda Geração (MSG), que fazem parte do programa de cooperação entre a *European Space Agency* (ESA) e a *European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites* (EUMETSAT). O objetivo dessa série de satélites é coletar dados que permitem o monitoramento de muitos fenômenos da atmosfera, dos oceanos e da superfície da Terra, necessários para o entendimento das mudanças continentais (EUMETSAT, 2004).

Os satélites MSG (geoestacionários, com o centro sobre a linha do Equador, e girando com velocidade da Terra, a uma distância de aproximadamente 36.000 km) são projetados para monitorar camadas atmosféricas de baixa estratosfera e alta troposfera, superfície terrestre, nuvens e suas propriedades, a cada 15 minutos. O estudo dos eventos de seca exige o uso de indicadores que permitam obter informações, sem depender exclusivamente de dados meteorológicos, devido à alta variabilidade espacial e temporal

da precipitação, nas regiões semiáridas, e à baixa densidade de estações meteorológicas (BARBOSA e ERTÜK, 2009).

Os índices de vegetação são transformações espectrais de duas ou mais bandas, que têm como objetivo realçar as propriedades da vegetação, a partir da assinatura espectral da vegetação verde, na porção do vermelho e do infravermelho próximo, do espectro eletromagnético (BARBOSA et al., 2006). O aumento da quantidade de vegetação e da atividade fotossintética conduz a um aumento no índice de vegetação. Por outro lado, o estresse hídrico causa redução nas taxas fotossintéticas e de transpiração das plantas, traduzindo-se em redução substancial do índice de vegetação (BARBOSA, 1998).

É possível representar a complexidade dos problemas da seca, no Semiárido brasileiro, em um índice, de forma simples e transparente, e que forneça subsídios aos gestores públicos, na tomada de decisão, quando da ocorrência de uma seca na região. Nesse contexto, o objetivo principal deste artigo é avaliar um aplicativo computacional, para operacionalizar o modelo de índice diário de susceptibilidade ao fenômeno da seca, para o Semiárido brasileiro.

O objetivo específico é divulgar resultados preliminares do projeto de pesquisa em execução, no contexto do Programa Capes - Epidemias - “Telemedicina e Análise de Dados Médicos” (Processo nº 23038.013745/2020-69), aprovado por meio do Edital nº 12/2020.

## **Região de estudo**

A região de estudo compreende toda a área do Semiárido brasileiro de 1.127.953 km<sup>2</sup>, formada por territórios dos estados do Piauí, Pernambuco, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Alagoas, Sergipe, Bahia e Minas Gerais (BURITI e BARBOSA, 2018).

A população atual do Semiárido brasileiro é de 27,8 milhões de habitantes, sendo que 9,6 milhões estão na zona rural, o que resulta numa densidade demográfica de 22,4 hab/km<sup>2</sup>. Quando comparada às de outras regiões semiáridas do mundo, a densidade demográfica do Semiárido brasileiro é considerada uma das mais elevadas (BURITI e BARBOSA, 2018; ANDRADE-LIMA, 1981).

Dentro de suas particularidades climatológicas, o Semiárido brasileiro apresenta temperaturas médias elevadas (superiores a 26 °C), precipitações pluviométricas anuais entre 300 e 800 mm, insolação elevada e altas taxas de evapotranspiração. A região apresenta, ainda, solos jovens e rasos, com predomínio da vegetação de Caatinga, além de diversas áreas com processo acentuado de desertificação, devido à ação antrópica.

A principal manifestação da variabilidade climática do Semiárido brasileiro é a seca. Historicamente, a região sempre foi afetada por grandes secas. As secas mais marcantes, ocorridas na história da região, foram: 1915; 1919/20; 1931/32; 1942; 1951/53; 1958; 1966; 1970; 1972; 1976; 1979/80; 1982/83; 1993; 1998/99, 2012/13 (GUERRA, 1981).

O principal fenômeno meteorológico associado à ocorrência das secas no Semiárido brasileiro é o El Niño-Oscilação Sul (ENOS). Todavia, a temperatura do oceano Atlântico Sul tem sido decisiva para definir a condição climática da região. No Livro “*Um século de secas*”, os autores mostraram que de 1902 a 2016, o oceano Atlântico influenciou em cerca de 30% das secas no Semiárido brasileiro, enquanto o El Niño foi responsável por causar cerca de 70% desses eventos climáticos (BURITI e BARBOSA, 2018).

O ENOS é um fenômeno oceânico-atmosférico de grande escala, em que o oceano, ao interagir com a atmosfera, altera os campos de pressão atmosférica ao nível do mar (PNM), e de ventos, sobre o Pacífico equatorial, mudando seus padrões nas escalas regional e global. O ENOS tem uma oscilação não periódica, podendo variar entre 2 e 7 anos. Na fase quente do ENOS (El Niño), a PNM exibe valores acima da média histórica, no Pacífico Oeste, e abaixo, no Pacífico centro-leste, ao mesmo tempo em que os ventos alísios ficam mais fracos que o normal. Dessa forma, as regiões leste e central do Pacífico apresentam temperaturas mais elevadas que o normal (KOUSKY et al., 1984; ANDREOLI e KAYANO, 2005).

Na fase fria do ENOS (La Niña), as características de PNM, Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e ventos, são aproximadamente inversas às observadas na fase quente. Uma forma de determinar a fase e intensidade do ENOS é por meio do Índice Oscilação Sul (IOS), definido como a diferença entre as anomalias padronizadas de PNM, entre Tahiti e Darwin (BJERKNES, 1969; RASMUSSEN e CARPENTER, 1982).

O ENOS faz parte de uma variação irregular, em torno das condições normais do oceano e da atmosfera, na região do oceano Pacífico Tropical. Segundo Kousky et al. (1984), o déficit de precipitação no Nordeste do Brasil, durante eventos de El Niño, é devido ao aumento da subsidência atmosférica, sobre o norte da América do Sul, associado ao deslocamento para leste, da Célula da Circulação de Walker (CCW), sobre o oceano Pacífico.

Por outro lado, Giannini et al. (2001) observaram que, na região do Semiárido brasileiro, o El Niño pode causar secas, devido à alteração na Célula de Walker e pela resposta no Atlântico Tropical Norte (ATN), à teleconexão do ENOS, caracterizada pelo aumento na TSM. Giannini et al. (2004), bem como Andreoli e Kayano (2005), mostraram que a precipitação no Nordeste brasileiro está relacionada ao ENOS e depende das condições do Atlântico Tropical. Ocorrem casos em que a variabilidade de TSM do Atlântico Tropical e ENOS podem discordar, de forma que o Atlântico Tropical pode limitar ou reverter o impacto do ENOS, na precipitação sobre essa região.

Eventos de La Niña têm sido associados à ocorrência de estações chuvosas, mais úmidas que o normal, na região do Nordeste do Brasil. Souza et al. (1997) mostraram que, para três tipos de La Niña – forte, moderado e fraco –, observados na Bacia do oceano Pacífico Tropical, a distribuição de chuvas sazonais (fevereiro a maio) e intra-sazonais, no setor norte do Nordeste do Brasil, configuram-se em torno ou acima da média climatológica, que é aproximadamente 850 mm, para esse período.

Pezzi e Calvalcanti, (2001) observaram que, em condições de El Niño, sobre o oceano Pacífico, e o Dipolo positivo, ou seja, TSM mais alta que a normal, no ATN, e mais baixa, no Atlântico Tropical Sul (ATS), são observadas condições de seca, sobre o Nordeste brasileiro.

Na presença de Dipolo negativo, observa-se precipitação acima da média, no setor norte do Nordeste brasileiro. Ou seja, em condições de La Niña e dipolo positivo/negativo, a região apresenta precipitação abaixo/acima do normal. Esses autores mostraram que nem sempre condições de El Niño ou La Niña, sobre o Pacífico, são suficientes para determinar as condições de seca ou chuvosa sobre a região.

## **Fundamentação teórica**

Segundo a Organização Mundial de Meteorologia (WMO, 2009), as secas podem ser caracterizadas pela intensidade, duração e abrangência espacial. Existem diversas definições para caracterizar um período de seca, que dependem das diferenças regionais, necessidades e perspectivas disciplinares.

A seca meteorológica baseia-se na intensidade e na duração do fenômeno, sendo definida como um período em que a precipitação se apresenta abaixo da sua média normal. A seca agrícola configura-se quando há deficiência de água no solo, afetando o desenvolvimento das culturas agrícolas. Já a seca hidrológica ocorre quando há deficiência no suprimento de água superficial ou subterrânea, e a socioeconômica, quando afeta a produção de bens de consumo e a economia de uma região.

O monitoramento de períodos de secas pode ser efetuado por meio do emprego de índices. Com base neles, pode-se desenvolver um sistema de acompanhamento das características das secas, objetivando quantificar os aspectos climatológicos, associados com a sua ocorrência, assim como o entendimento da frequência e severidade da seca, de acordo com a probabilidade de ocorrência, em suas várias magnitudes.

Dentre os diferentes índices meteorológicos e hidrológicos, destaca-se o Índice de Severidade de Seca de Palmer - ISSP (PALMER, 1965), devido ao seu importante papel no entendimento da distribuição espacial e da severidade das secas. No entanto, deve-se atentar à ressalva de que ele assume a capacidade de armazenamento de água no solo, não dependendo da variação estacional ou anual, da cobertura vegetal e do desenvolvimento radicular. Como conclusão, o ISSP é mais apropriado para o monitoramento da seca hidrológica e meteorológica, do que para o monitoramento da seca agrícola. O Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (IVDN), baseado nas plataformas orbitais (satélites), também possibilita monitorar, quantificar e investigar impactos das secas na vegetação, em resposta a fenômenos climáticos naturais (e.g., El Niño).

Os índices baseados nas plataformas orbitais (satélites), como o IVDN, também utilizados para o monitoramento das secas, apresentam algumas vantagens, em relação aos outros tipos de índices já citados, porém, também apresentam limitações. Uma vantagem do IVDN é que ele possibilita detectar o início de um período de seca,

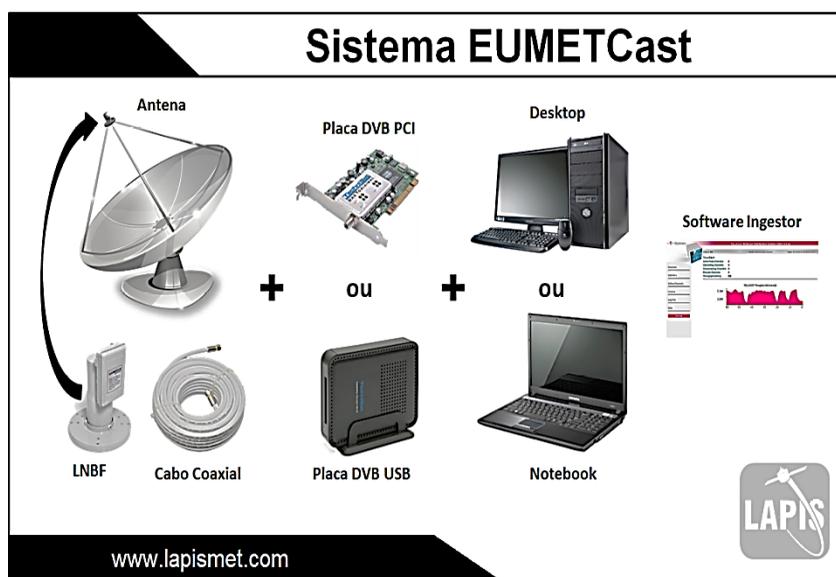
intensidade, duração e impactos, nas regiões atingidas (BARBOSA, 1998). A principal limitação deve-se à influência da cobertura de nuvens.

Trabalhos de pesquisa nessa área foram feitos por vários autores, tais como Tucker e Choudhury (1987), que utilizaram o IVDN, para identificar e quantificar os efeitos da seca. Barbosa (1998) e Barbosa et al. (2006) utilizaram o IVDN para monitorar os efeitos da seca no Nordeste do Brasil, comprovando a eficiência do Índice, a partir da comparação com dados de precipitação. Segundo esses autores, a aplicação do índice de vegetação permite detectar a seca na sua fase inicial.

Barbosa et al. (2015) analisaram a evolução espacial e temporal da seca, na América do Sul. Os resultados indicaram o potencial das imagens do índice de vegetação, para monitorar tanto a ocorrência de seca como a variabilidade climática, em escala regional e continental.

## Dados e metodologia

Neste estudo, foram utilizados dados radiométricos do sensor SEVIRI, a bordo do satélite Meteosat-10. Os dados do SEVIRI (nível 1.5) foram obtidos através da estação de recepção de baixo custo, instalada no LAPIS, composta por uma antena parabólica, um amplificador com conversor de baixo ruído, uma placa de recepção de vídeo digital via satélite PCI/USB/LAN e um software de ingestão e organização dos dados recebidos, em tempo real, em um computador de configuração intermediária (Figura 1).

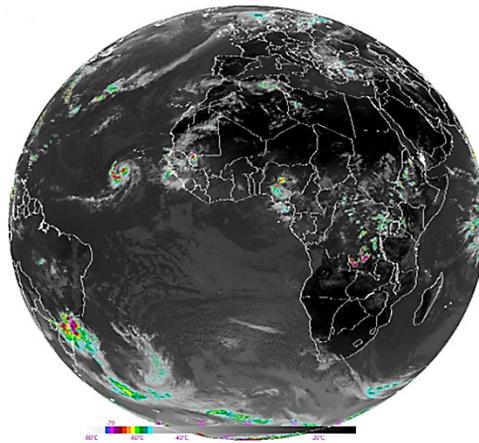


**Figura 1.** Estação EUMETCast.

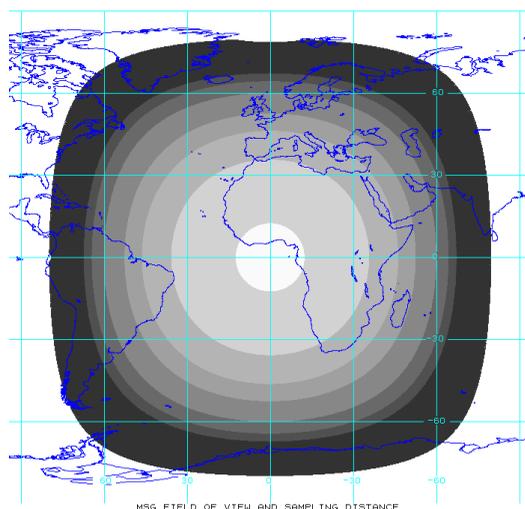
As imagens radiométricas do SEVIRI têm resolução espacial de 3 km, adequada para estudos em escala regional, e são obtidas a cada 15 minutos (Figura 2). No ano de

2010, a UFAL, a partir do LAPIS, e a EUMETSAT desenvolveram operacionalmente o IVDN diário. A partir de 2002, com o surgimento do sensor SEVIRI, foi possível obter a utilização do IVDN com uma resolução temporal maior (diária), quando comparada à obtida com o IVDN/GIMMS/AVHRR (quinzenal).

O IVDN diário surgiu da necessidade de fornecer informações mais precisas e coerentes sobre a vulnerabilidade das diversas regiões do Semiárido brasileiro e sua relação com o fenômeno das secas. O índice de vegetação diário foi construído em duas etapas: a primeira, no começo de 2009, resultou em um protótipo, enquanto a segunda, nos anos mais recentes, resultou em um modelo mais reduzido, mais viável e mais adequado, ao monitoramento da vegetação, em escala continental. Ele foi construído como protótipo, para ser aperfeiçoado e calibrado pelo LAPIS. Até agora, 2021, tem sido utilizado com bastante êxito no Nordeste, bem como na maioria das regiões brasileiras. O processo de sua construção e os detalhes das suas principais características é exposto por Barbosa (2009).



(a)



(b)

**Figura 2.** Exemplo de Infravermelho do Meteosat-10, de disco cheio, às 15 UTC, do dia 8 de setembro de 2008 (a). A resolução do ponto subsatélite (círculo branco), na imagem do satélite MSG, é de 3 km (b).

Na construção do IVDN diário, foi utilizada a metodologia multicritério de apoio à decisão (Figura 3). Após gerar as imagens de IVDN diário, foram obtidos os arquivos de polígonos, no formato *shape (.shp)*, do bioma Caatinga. Todas as informações cartográficas obtidas, assim como as imagens produzidas pelo LAPIS, foram integradas em um sistema único de informações geográficas, compatibilizando-se as projeções geodésicas e as escalas cartográficas.

O IVDN diário representa as variações temporais e espaciais da vegetação, o que permite com antecedência e boa acuidade, monitorar a ocorrência de secas. O IVDN varia de 0 a +1, representando diversos níveis de condição de distribuição da vegetação, desde a condição mais crítica (0) até a situação mais favorável (+1).

Por fim, como parte do processo de validação, foi utilizado o índice de fração de cobertura vegetal (FVC, *Fraction Vegetation Cover*), derivado do sensor SEVIRI, no âmbito da LSA SAF (*Land Surface Analysis Satellite Application Facilities*, <http://landsaf.meteo.pt/>). Esse índice foi projetado por pesquisadores e tecnólogos do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), cujo produto valida as classificações dos dados obtidos, nos testes com o IVDN, do LAPIS/UFAL.

## Resultados e discussão

Para teste e validação do IVDN, primeiramente foi escolhido o produto FVC, da LSA SAF, com base na avaliação do FVC, realizada para o período de 21 a 30 de março de 2008. No início, por razões de natureza prática funcional, para a sua implantação e validação, a área foco escolhida foi o Continente Europeu.

Salienta-se que as imagens de IVDN geradas representam a média do IVDN (máximo, média, mínimo), na região da Europa. Assim, os resultados refletem uma condição regional. O cálculo das imagens IVDN e FVC foi realizado *pixel a pixel*, e se obteve a partir da média, para o período de 21 a 30 de março de 2008.

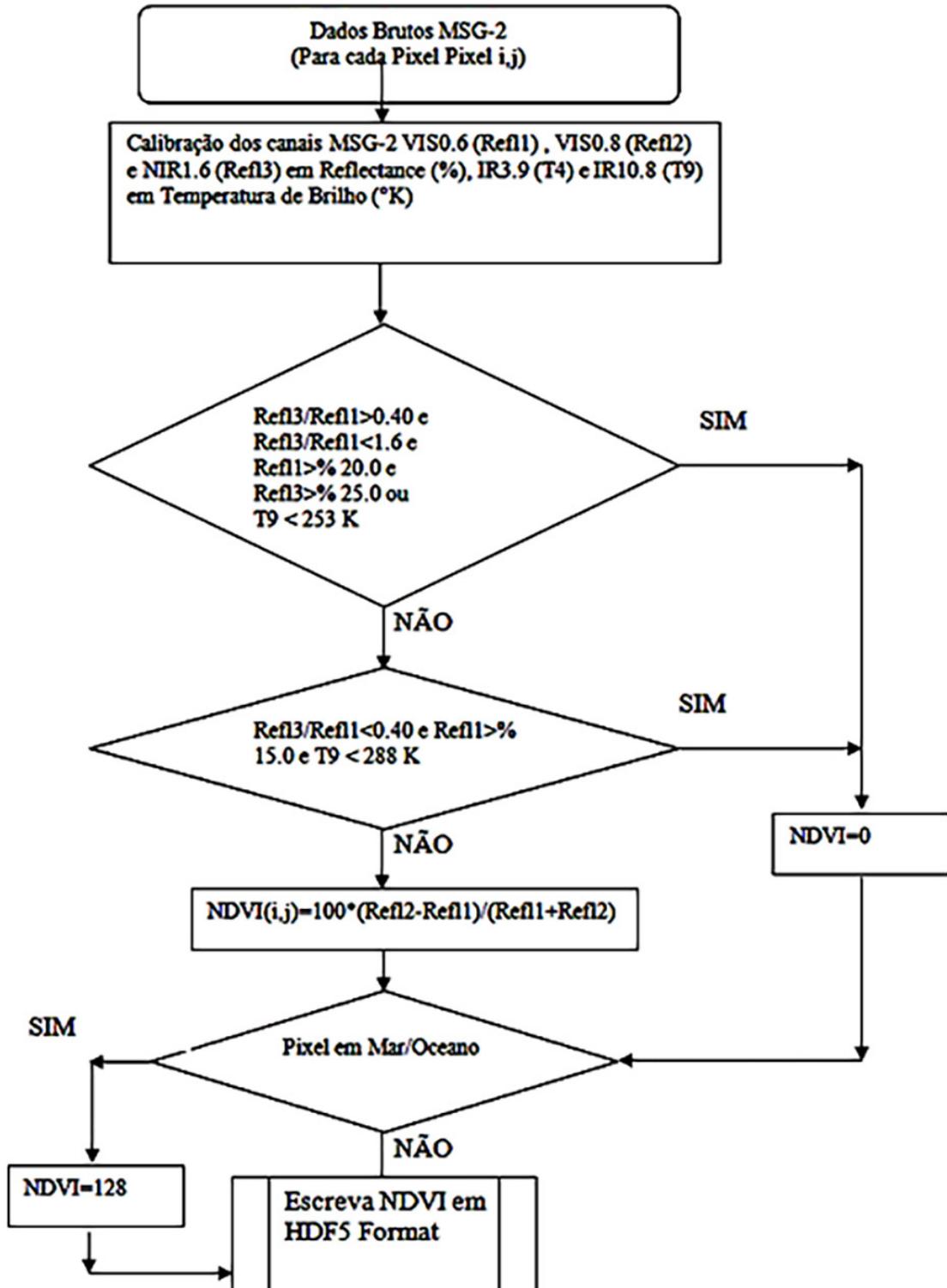
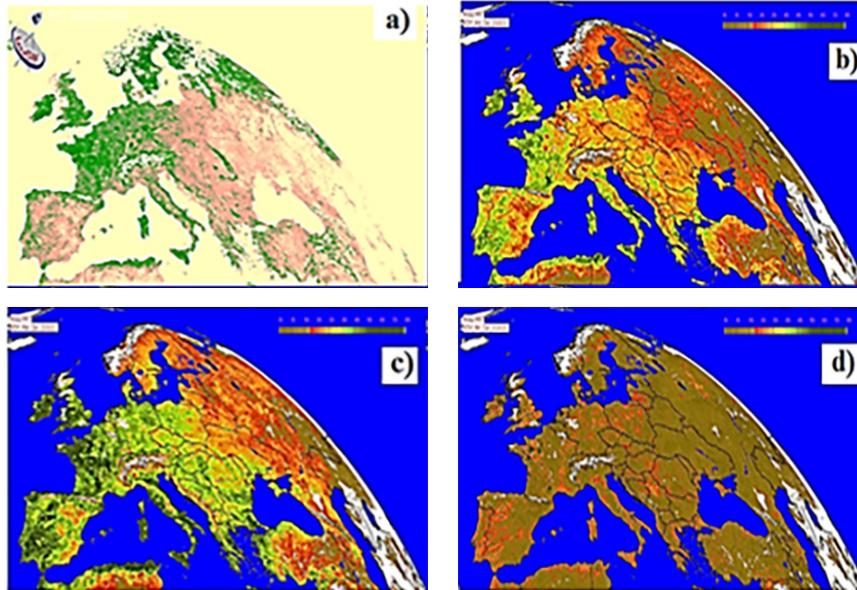


Figura 3. Detalhe dos parâmetros do produto IVDN diário.

Analisando, de forma conjunta, as imagens de FVC e IVDN (máximo, médio e mínimo), observa-se o seguinte (Figura 4): 1) as imagens de IVDN (máximo e médio) superestimaram a imagem FVC; e 2) as imagens IVDN apresentaram melhor desempenho, na discriminação das variações espaciais, da cobertura vegetal.

Nas imagens de IVDN, as áreas afetadas por ocorrência de secas, são identificadas pelas tonalidades de vermelho, destacando-se das outras regiões, de tonalidades amarelo claro e verde, indicativas de áreas de IVDN, onde não ocorre seca. Analisando a imagem FVC, não foi possível identificar um padrão, na distribuição espacial, da área atingida por seca.



**Figura 4.** Composições multitemporais dos produtos FVC Land SAF **(a)** e IVDN [média **(b)**, máximo **(c)** e mínimo **(d)**], para o período de 21 a 30 de março de 2008.

Destaca-se também, como vantagem principal do IVDN, a sua implantação computacional, que possibilita fazer o cálculo em um único software, e em um mesmo local. Enquanto no FVC, as informações são de responsabilidade das instituições participantes do programa (LSA SAF), os cálculos desse produto não necessariamente são realizados por um mesmo software, em um mesmo local. Esse fato torna o cálculo do IVDN muito mais exequível e rápido.

O IVDN ainda tem como diferencial a utilização dos métodos de preenchimento de dados, que possibilitam a utilização de séries de dados incompletas e a eliminação de *outliers*. A desvantagem se dá pelo fato de o IVDN ainda não estar institucionalizado, o que já ocorreu com o FVC. Porém, essa desvantagem é momentânea, uma vez que esse será o caminho natural do IVDN, começando a partir da sua disseminação no Brasil e na África, a partir do sistema EUMETCast, da EUMETSAT.

A evolução da distribuição do IVDN diário, no Semiárido brasileiro, no período de abril de 2011 a dezembro de 2012, permite avaliar a resposta da vegetação à precipitação, em dois cenários climatológicos: ano chuvoso e seco (Figura 5). Portanto, foram escolhidos os anos de: 2011, representando um cenário predominantemente normal a chuvoso, tanto na quadra chuvosa como durante o ano; e 2012, representando um ano com um cenário extremamente seco, tanto na quadra chuvosa, como durante o ano. Conseqüentemente, aquelas áreas de IVDN, onde as tonalidades de vermelho correspondem às áreas de seca.

Em relação a 2011, observa-se que o ano de 2012 foi o que apresentou as maiores extensões de áreas afetadas pelas secas. Na maior parte do ano, a vegetação apresentou-se extremamente seca, em grande parte do Semiárido brasileiro.

A distribuição espacial do IVDN é um reflexo dos baixos valores de precipitação e da maior vulnerabilidade à seca. Esse comportamento reflete a dinâmica da vegetação natural, nas diversas regiões do Semiárido brasileiro, ao longo da estação chuvosa. O fenômeno da seca é caracterizado pela ausência parcial, total ou pela distribuição irregular das chuvas, durante o período chuvoso. O ano de 2012 foi particularmente atípico, para a região Nordeste e o norte de Minas Gerais.

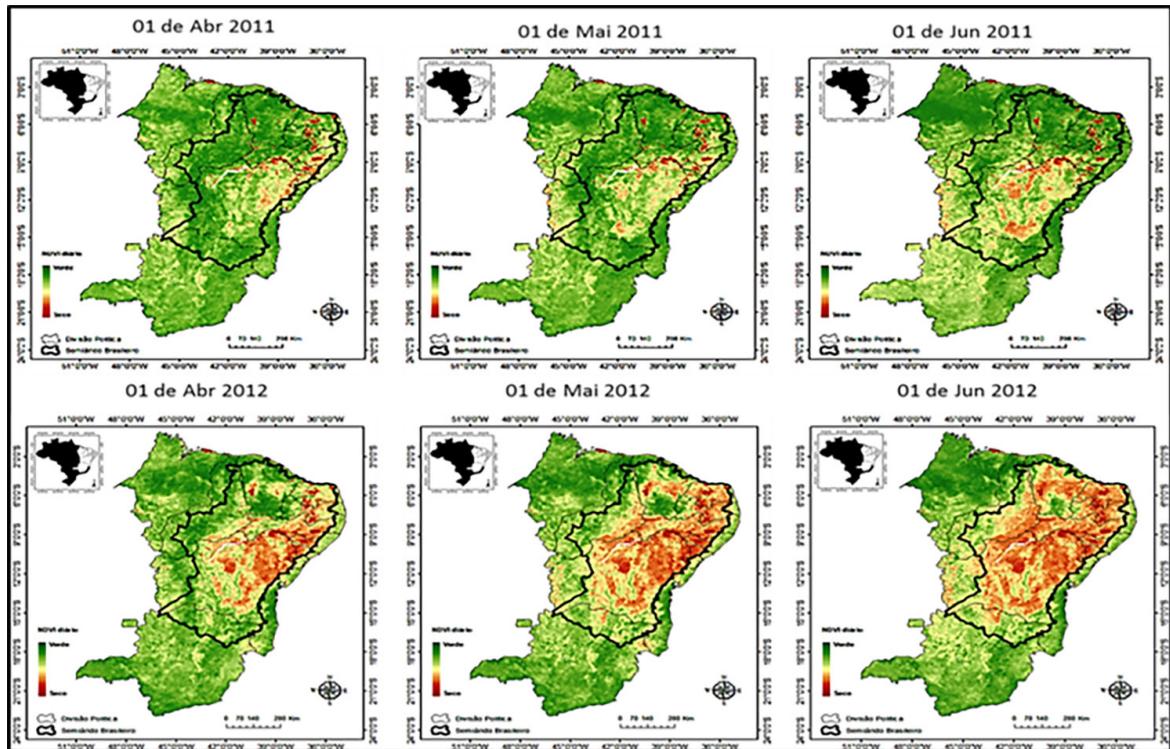
No ano de 2011, caracterizado como normal a chuvoso (Figura 5 a e b), foi verificado, durante a quadra chuvosa (abril a junho de 2011), áreas de tonalidades de vermelho escuro (indicativo de baixos valores de IVDN), distribuídas principalmente na área leste e nordeste da região semiárida. Essas áreas de vegetação não são reflexo de baixos valores de precipitação, pois apresentaram IVDN igualmente baixos, com situações climáticas extremas (chuvosa e seca). Muitas dessas áreas são coincidentes com o processo de desertificação (PEREZ-MARIN et al., 2012) e outras podem ser decorrentes da variabilidade espacial das chuvas, normalmente elevada.

O processo de desertificação se inicia com a supressão da vegetação original de bosque seco, denominado regionalmente de Caatinga, para incorporar essas áreas à agricultura e pecuária de subsistência. O uso do fogo para a queima dos resíduos vegetais, após a retirada da madeira de interesse comercial (lenha, carvão e estacas) também é comum. Isso acelera o processo de mineralização da matéria orgânica do solo, além de deixar o solo exposto aos processos erosivos, quando ocorrem as primeiras chuvas (SALCEDO e SAMPAIO, 2008).

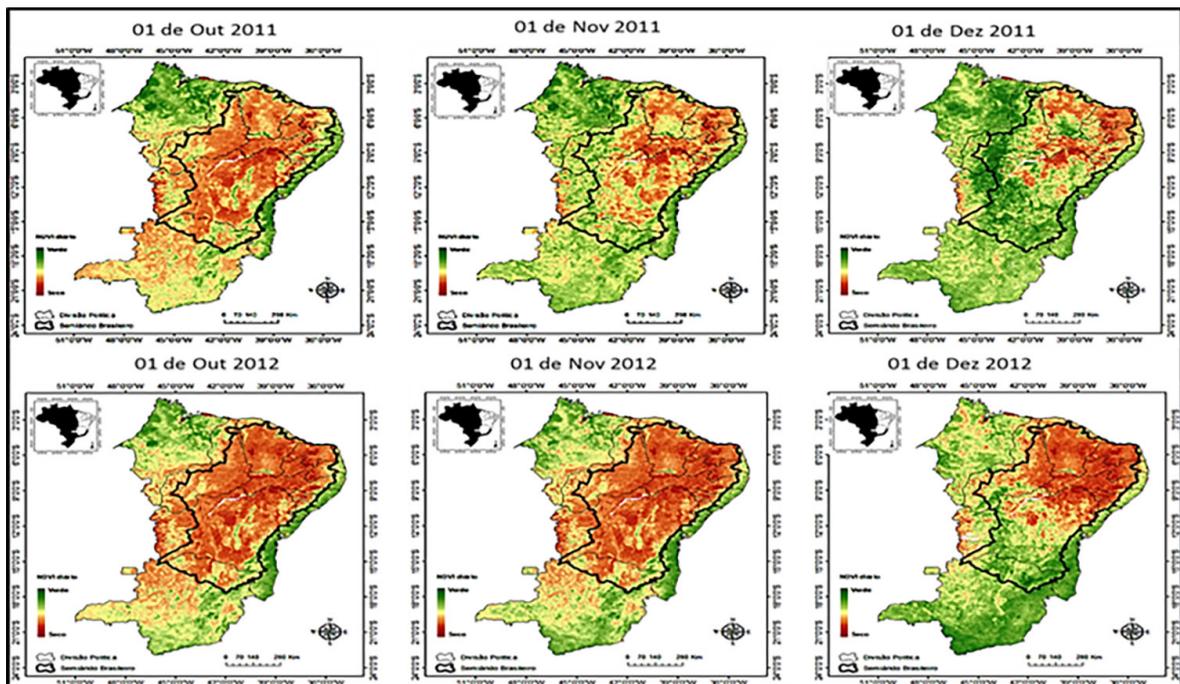
A perda relativamente abrupta da fertilidade do solo e a compactação, associada à carga animal excessiva, limitam, por um lado, a disponibilidade de nutrientes para a produção vegetal e, por outro, a infiltração da água de chuva, desatrelando, nesses casos, o IVDN da precipitação pluvial. Tal fato deve-se, em grande parte, à supressão vegetal e à baixa capacidade de produção de biomassa verde, quando da ocorrência das chuvas. Com isso, o que resta de matéria orgânica nos solos desnudos é rapidamente mineralizado, agravando mais ainda a deficiência de Nitrogênio (SALCEDO e SAMPAIO, 2008).

## **Conclusões e recomendações**

Ao final deste trabalho, concluiu-se que o índice diário pode representar a complexidade nas questões presentes na seca no Semiárido brasileiro, de maneira concisa e rápida. O índice é dinâmico por natureza, de forma a fornecer subsídios aos gestores de políticas, na tomada de decisão, quando da ocorrência de seca na região. Ele foi desenvolvido para ser utilizado em dois níveis: primeiro, como indicador de pré-alerta, e segundo, como indicador emergencial.



**Figura 5a.** Mapas diários de vegetação para o Semiárido brasileiro. Período de abril de 2011 a junho de 2012.



**Figura 5b.** Mapas diários de vegetação para o Semiárido brasileiro. Período de julho de 2011 a dezembro de 2012.

As informações que alimentam o índice estão disponíveis para todos os estados brasileiros. A forma como o aplicativo computacional foi construído permite uma rápida entrada dessas informações e a geração diária de resultados, a partir de mapas e gráficos.

A utilização do índice para serviços de meteorologia e emergenciais, aplicados à gestão e redução da seca, apoiados em plataformas espaciais, **é outro ponto a ser trabalhado**. Isso passa pela forma como o índice será divulgado e aceito, tanto por parte dos gestores de políticas como pelo público em geral.

O aplicativo computacional que operacionaliza o índice atende plenamente sua aplicação. Porém, em função dos avanços na tecnologia da informação e da demanda por aplicativos (*Apps*), para **iOS (iPhone Operating System)**, chamado de *iPhone OS*, surge como possibilidade de outro trabalho futuro, com adaptação, desenvolvimento e implementação do índice, em um aplicativo para o ambiente **iOS**.

## Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento do projeto do Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS), aprovado no Edital nº 12/2020, no Programa Capes-Epidemias - «Telemedicina e Análise de Dados Médicos» (Processo nº 23038.013745/2020-69), coordenado pelo primeiro autor. E pela concessão da bolsa de pós-doutorado da segunda autora, no âmbito do mesmo projeto Capes-Epidemias.

## Referências

ANDRADE-LIMA, D. A. The Caatinga dominium. **Revista Brasileira de Botânica**. Rio de Janeiro, v.4, n.1, p. 149-153, 1981.

BARBOSA H A.; ERTÜK A G. 2009. **Índice diário de vegetação estimado com imagens multiespectrais do satélite METEOSAT Segunda Geração**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 5617-5624.

BORGO, R. L. **About the extreme climate changes adaptation and disaster risks management and reduction in the Latin America and Caribbean region**. Terceiro Incluído. ISSN 2237-079X NUPEAT-IESA-UFG, v.3, n.1, Jan./Jun., 2013, p. 37-46, Artigo 36.

BARBOSA, H. A. **Sistema EUMETCast: Uma abordagem aplicada dos Meteosat Segunda Geração**. 1ª ed. Maceió: EDUFAL, v.2, 186p. 2013.

BARBOSA, H. A. **Análise espaço temporal de índice de vegetação AVHRR/NOAA e precipitação na região nordeste do Brasil em 1982-85.** 169p. (INPE-7237-TDI/690). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1998.

BARBOSA, H. A., HUETE, A.R.; Baethgen, W. E. A 20-Year Study of NDVI Variability Over the Northeast Region of Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 67, p.288-307. 2006.

BARBOSA, H. A.; LAKSHMI KUMAR, T. V.; SILVA, L. R. M. . Recent trends in vegetation dynamics in the South America and their relationship to rainfall. **Natural Hazards** (Dordrecht. Online), v. 75, p. 1-17, 2015.

BJERKNES, J. Atlantic air-seca interaction. **Advances in Geophysics**, v. 10, p. 1-82, 1964.

BARBOSA, H., SILVA, L. R. M., SANTOS, A. M., NETO, C. P. S. A step beyond visualization: how to ingest Meteosat Second Generation satellite data and products into McIDAS-V, ILWIS and Terra MA2. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**. V. 4 n.1, 01-15. 2014.

BURITI, C. O.; BARBOSA, H. A. **Um século de secas:** por que as políticas hídricas não transformaram o Semiárido brasileiro? Lisboa-Portugal: Chiado Books, 434 p, 2018.

EUMETSAT, 2004. **Technical document EUM TD 15.** Issue 3.2, 5 September 2004. Darmstadt, Germany.

GIANNINI, A.; CHANG, J. C.H; CANE, M. A; KUSHNIR, Y. SEAGER, R. THE ENSO Teleconnection to the tropical Atlantic Ocean: Contributions of the Remote and Local SSTs to Rainfall Variability in the Tropical Americas. **Journal of Climate**, V. 14, p. 4530-311, 2001.

GUERRA, P. B. **A civilização da Seca.** Fortaleza, DNOCS. 1981. 324p.

ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T. ENSO-related rainfall anomalies in South American end associated circulation features during warm and cold Pacific Decadal Oscillation regimes. **International Journal of Climatology**, v. 25, p. 2017-2030, 2005.

K. Kaku, A. Ono, M. Kawai. SENTINEL ASIA STEP 2 - THE OVERVIEW AND EVOLUTION FROM STEP 1 2010. Commission VIII, JAXA Special Session.

International Archives of the Photogrammetry. **Remote Sensing and Spatial Information Science**, Volume XXXVIII, Part8, Kyoto Japan.

KOUSKY, V.E.; KAYANO, M.T.; CAVALCANTI, I.F.A. 1984. A review of the Southern Oscillation: oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. **TELLUS**, v. 36A, n. 5, p. 490-504.

GIANNINI, A; SARAVANAN, R; CHANG, P. The preconditioning role of tropical Atlantic variability in the development of the OSEN teleconnection: implications for the prediction of Nordeste rainfall. **Climate Dynamics**, v.22, p. 839 855, 2004.

PEREZ-MARIN, A. M.; CAVALCANTE, A. de M. B.; MEDEIROS, S. S. de; TINÔCO, L. B. de M.; SALCEDO, I. H. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica? **Parcerias Estratégicas**, Brasília, DF, v. 17, n. 34, p. 87-106, 2012.

PEZZI, L. P.; CALVALCANTI, I. F. A. The relative importance of ENOS and tropical Atlantic sea surface temperature anomalies for seasonal precipitation over South America: a numerical study. **Climate Dynamics**, v. 17, n. 2-3, p. 205-212, 2001.

PALMER, W. C. Meteorological Drought. **Research Paper** No. 45, U.S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington, D.C., 65p., 1965.

RASMUSSEN, E. M.; CARPENTER, T. H. Variations in the tropical sea surface temperature and wind field associated with the Southern Oscillation. **Monthly Weather Review**, v. 110, n. 5, p. 354-384, 1982.

SALCEDO, I.H. & SAMPAIO, E.V.S.B. Matéria orgânica do solo no bioma Caatinga. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P. & CAMARGO, F.A.O., eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.419-441.

SOUZA, E.B.; ALVES, J.M.B. & REPELLI, C.A.. Uma Revisão sobre a Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico na Variabilidade Pluviométrica do Semi-Árido Nordeste. **Monitor Climático**, v. 11, p. 7-17, 1997.

TUCKER, C. J.; CHOUDHURY, B. J. Satellite remote sensing of drought conditions. **Remote Sensing of Environment**, v. 23, n. 2, p. 243 – 251, 1987.

TABARELLI, M. e A. VICENTE, V. 2002. Lacunas de conhecimento sobre as plantas lenhosas da Caatinga. Pp. 25-40 in: E. V. S. B. Sampaio, A. M. Giuletta, J. Virgílio & C. F. L. Gamarra-Rojas, (orgs.) **Caatinga: vegetação e flora. Associação Plantas do Nordeste e Centro Nordestino de Informações sobre Plantas**. Recife - PE.

WMO. Global Assessment Report on Disaster Reduction 2009. Thematic Progress Review. Sub-Component on Early Warning Systems. **World Meteorological Organization**.

# 5

## Evolução da cobertura florestal nativa na Caatinga: algumas reflexões

*Frans Germain Corneel Pareyn<sup>1</sup>*

*Enrique Mario Riegelhaupt<sup>1</sup>*

*José Luiz Vieira da Cruz Filho<sup>1</sup>*

*Elcida de Lima Araújo<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Associação Plantas do Nordeste (APNE). Rua Dr. Nina Rodrigues, 265. Iputinga. 50.731-280 Recife - PE. pne@netpe.com.br

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pernambuco. Rua da Aurora, 1071 apt. 1206. Santo Amaro. 50.040-090 Recife - PE. elcida.araujo@ufpe.br

### Introdução

O desmatamento de florestas nativas é uma preocupação geral em muitas regiões do mundo por diversas razões. Por um lado, a perda de cobertura florestal e as mudanças do uso do solo são uma das principais causas de emissões de gases de efeito estufa e, portanto, contribuem diretamente para as mudanças climáticas (CASTELLETTI et al., 2003; GALINDO et al., 2008; CURTIS et al., 2018).

Outro motivo de preocupação ligado à perda das florestas nativas consiste na perda de biodiversidade, da qualidade das florestas e do conseqüente risco de perda de serviços ecossistêmicos prestados (EVANGELISTA, 2011; PBMC/BPBES, 2018).

No Brasil, o desmatamento na Amazônia tem ficado no centro das atenções e discussões (FEARNSIDE, 2006; SANTOS et al., 2017). Contudo, outras regiões, como o Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga tem sofrido mudanças significativas de cobertura florestal e uso do solo ao longo das últimas décadas (QUEIROZ, 2009; MMA, 2008; SOARES & ALMEIDA, 2011; SCARANO & CEOTTO, 2015; SEDDON et al., 2016).

No bioma Caatinga, o desmatamento tem sido assinalado como um fator importante de degradação dos solos, de incremento da desertificação, e de redução dos fluxos hídricos superficiais, com conseqüências econômicas e sociais muito negativas nesta região de clima semiárido. Assim, a perda de cobertura florestal é considerada como uma ameaça grave para a sustentabilidade das atividades produtivas e a subsistência das populações humanas no bioma, e também foi apontado, desde o início do século XX como uma causa principal da desertificação (DA CUNHA, 1902; VASCONCELOS SOBRINHO, 1971).

As mudanças do uso do solo podem ser permanentes ou temporárias com impactos muito distintos. Na Caatinga, em áreas onde a agricultura e a pastagem deixam de ser praticadas e o solo não tenha sido excessivamente degradado, ocorre um processo de regeneração da vegetação natural formando florestas secundárias, chamadas no início do processo sucessional de “*capoeiras*”. Ainda que não sejam idênticas em composição e estrutura às florestas primárias (LOPES et al., 2012), as capoeiras constituem hoje a maior parte da cobertura florestal do bioma.

O sistema de agricultura itinerante promove uma mudança temporária de uso do solo e tem um papel importante na recuperação da fertilidade do solo e fornecimento de forragem para os animais. Por outro lado, os sistemas modernos de agricultura intensiva, com uso intensivo de insumos externos, ocupam as mesmas terras continuamente por muitos anos e promovem uma mudança permanente na cobertura do solo.

Neste contexto, é fundamental entender as causas que provocam a perda de cobertura florestal e as mudanças de uso do solo (“*drivers of land use change*”) e sua dinâmica ao longo do tempo, para assim poder i) prever tendências futuras e ii) definir estratégias e políticas adequadas de intervenções necessárias para reduzir os impactos negativos.

## **O panorama das perdas de florestas no mundo e no Nordeste do Brasil.**

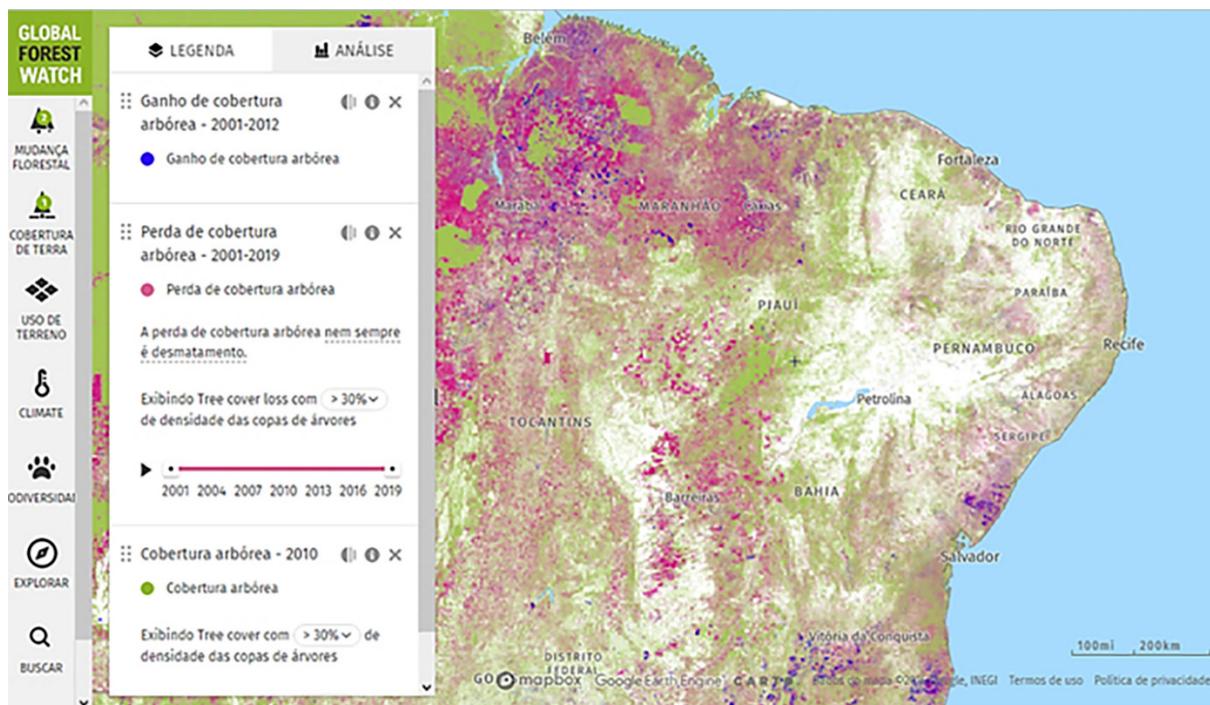
O estudo recente de Curtis et al. (2018), a partir da análise de imagens de satélite no período de 2001 a 2015, registrou que a perda mundial de florestas se deve em 27 % ( $\pm 5\%$ ) ao desmatamento para commodities (soja, gado, palmeira/dendê) com taxas anuais similares ao longo do período observado, levando a mudança permanente do uso do solo.

Adicionalmente, outros quatro vetores de distúrbio da cobertura florestal foram indicados, sendo a silvicultura (26%), incêndios florestais (23%), agricultura itinerante (24%) e crescimento urbano (menos de 1%). Apenas o último é considerado mudança permanente do uso do solo, enquanto os demais vetores se caracterizam como distúrbio, sem mudança permanente, podendo ocorrer recuperação florestal posteriormente.

O mapa apresentado por Curtis et al. (2018) indica a alta incidência da agricultura itinerante (“*shifting agriculture*”) no Nordeste do Brasil, sugerindo distúrbios relativamente intensivos na região, porém sem mudanças permanentes do uso do solo<sup>2</sup>. Contudo, os autores alertam para a necessidade de avaliar a sua contribuição para as cadeias alimentares bem como o seu impacto sobre a degradação florestal.

A Global Forest Watch (<https://www.globalforestwatch.org/>) também monitora os recursos florestais mundiais e apresenta mapas de ganho de cobertura (2001-2012) e perda de cobertura arbórea (2001-2019) para todo o mundo. Para a região Nordeste do Brasil, predominam as áreas de perda de cobertura arbórea e ocorrem áreas de ganho na parte sul do bioma (Figura 1).

<sup>2</sup> Ao contrário do que ocorre no Cerrado e Amazônia, com alta incidência de desmatamento para commodities com mudança permanente de cobertura e uso do solo.



**Figura 1.** Extrato do mapa da GFW de ganho e perda de cobertura arbórea do NE do Brasil.  
Fonte: <https://www.globalforestwatch.org/map/global>

Logo, iniciativas de monitoramento da cobertura florestal e suas dinâmicas em nível global, observam perdas e ganhos na região Nordeste e na Caatinga, ainda que com intensidade e nível de gravidade menor do que ocorre nas outras regiões do país e do mundo e com predominância de agricultura itinerante.

## Objetivos e metodologia de trabalho

A partir de diversos dados e ferramentas novas disponíveis, procuramos algumas respostas para as seguintes principais questões:

- Como evoluiu a cobertura florestal da Caatinga?
- Onde existiram perdas e ganhos de cobertura florestal?
- Qual foi o impacto dos seguintes fatores sobre a cobertura de vegetação nativa:
  - a demanda de lenha em polos consumidores?
  - a demanda de terra para agricultura familiar em polos de reforma agrária?
  - a demanda de terra para lavouras permanentes em polos agrícolas?
  - o uso florestal da terra em planos de manejo florestal sustentado?
  - a criação de Unidades de Conservação – de Proteção Integral e de Uso Sustentável?
  - os processos de degradação atuantes nas Áreas Suscetíveis à Desertificação (ASD)?

Escolhemos a ferramenta do MapBiomas ([www.mapbiomas.org](http://www.mapbiomas.org))<sup>3</sup> como principal referência por ter abrangência ampla, série histórica longa (1985-2018) e metodologia única ao longo da série, permitindo comparações confiáveis. Essa iniciativa vem possibilitando a análise da cobertura e uso do solo nos diferentes biomas do país, bem como das dinâmicas de perda e ganho da cobertura florestal. Os mapas são elaborados a partir de interpretação automatizada de imagens Landsat por meio do *Google Earth Engine* e considera as classes de Floresta, Formação Natural não Florestal, Agropecuária, Área não vegetada e Corpos d'Água (SOUZA et al., 2020).

Para responder algumas das questões, também utilizamos outras fontes de dados para identificar concordâncias ou divergências nos resultados encontrados por distintas metodologias aplicadas nas mesmas áreas, e alertar-nos para não chegar a conclusões precipitadas sobre essas diferenças. Um exemplo é o Censo Agropecuário do IBGE, que obtém dados por declaração em amostras de proprietários rurais. Esses resultados são úteis como estimadores de tendências gerais pela sua abrangência e periodicidade. Contudo, a sua acurácia e sensibilidade são baixas, com grande incerteza na identificação das classes de uso da terra feita pelos declarantes.

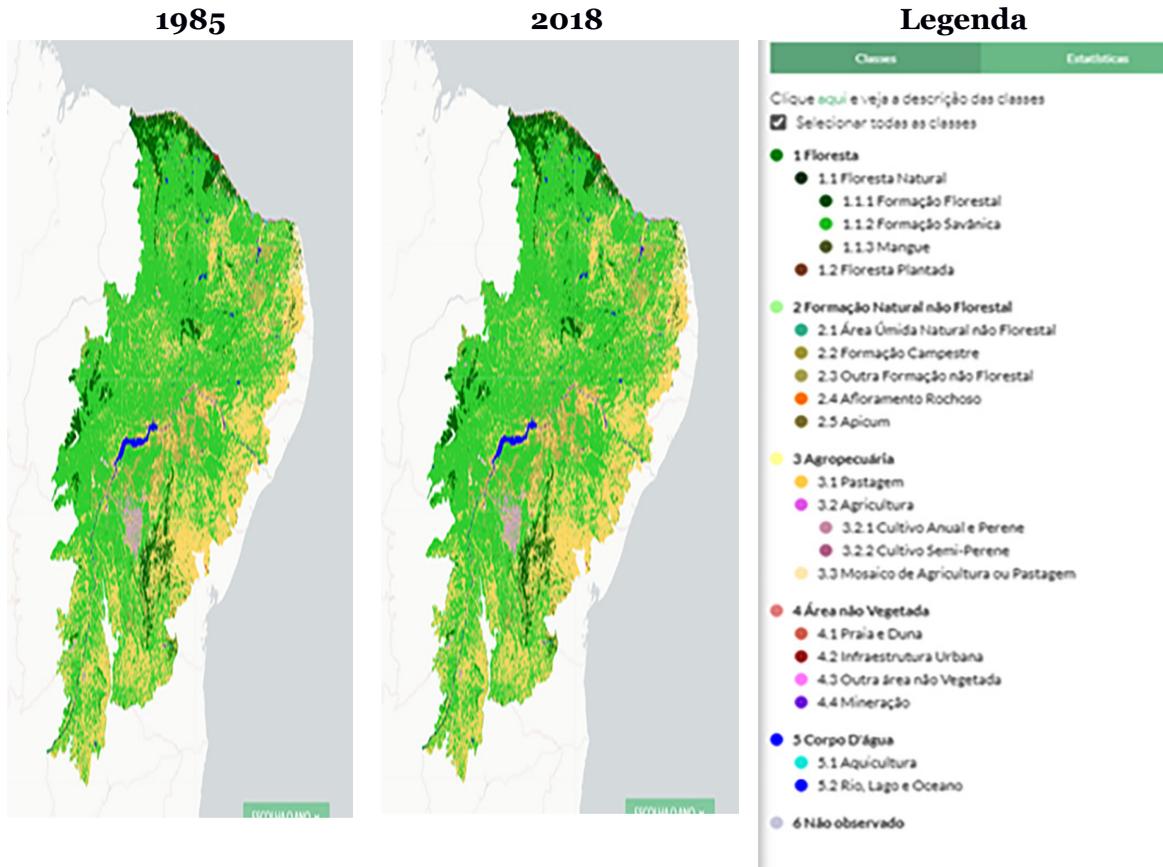
Em função do nosso objetivo e para simplificar, apresentamos principalmente as análises das áreas com cobertura vegetal nativa e agropecuária. Não consideramos a evolução de áreas de reflorestamento, áreas urbanas, mineração e corpos d'água por serem muito pouco representativas na região.

É importante salientar que a interpretação de imagens de satélite fornece informação valiosa sobre a presença ou não de florestas. Contudo, ainda pouco contribui para avaliar a qualidade e o grau de conservação da cobertura florestal ou a ocorrência de processos de degradação de florestas. Enquanto os estudos de Gariglio et al (2010) apresentam várias informações sobre o impacto ou a contribuição do manejo florestal sustentável sobre conservação da biodiversidade, do solo e da estrutura da vegetação, estudos mais detalhados faltam sobre esses aspectos na total maioria das áreas de Caatinga com uso pastoril e/ou de agricultura itinerante.

## **A dinâmica de cobertura e uso do solo na Caatinga de 1985 a 2018**

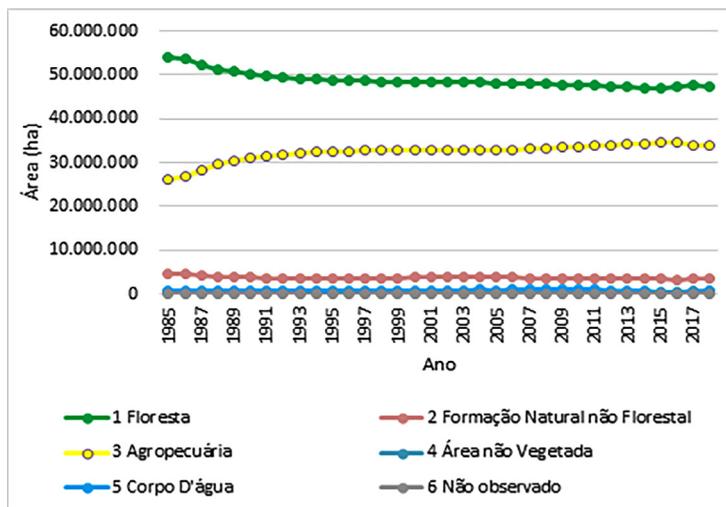
A versão 4.1 do MapBiomas apresenta mapas e estatísticas para o período de 1985 a 2018. A Figura 2 apresenta os mapas para os dois anos extremos desse período e a Figura 3 apresenta a dinâmica observada de cobertura e uso do solo por classe considerada no bioma Caatinga.

<sup>3</sup> Projeto MapBiomas – Coleção 4.1 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, acessado em 10.09.2020 através do link <https://plataforma.mapbiomas.org/map#coverage>



**Figura 2.** Mapas de cobertura e uso do solo do bioma Caatinga para 1985 e 2018 de acordo com MapBiomias versão 4.1.

Na avaliação do MapBiomias, observa-se uma redução da cobertura vegetal nativa<sup>4</sup>, que passou de  $58,8 \times 10^6$  ha (68%) em 1985 para  $50,9 \times 10^6$  ha (59%) em 2018. O ano de menor cobertura “florestal” foi 2014 ( $47,1 \times 10^6$  ha), após o qual, esta ficou praticamente estável ou até aumentou ligeiramente.



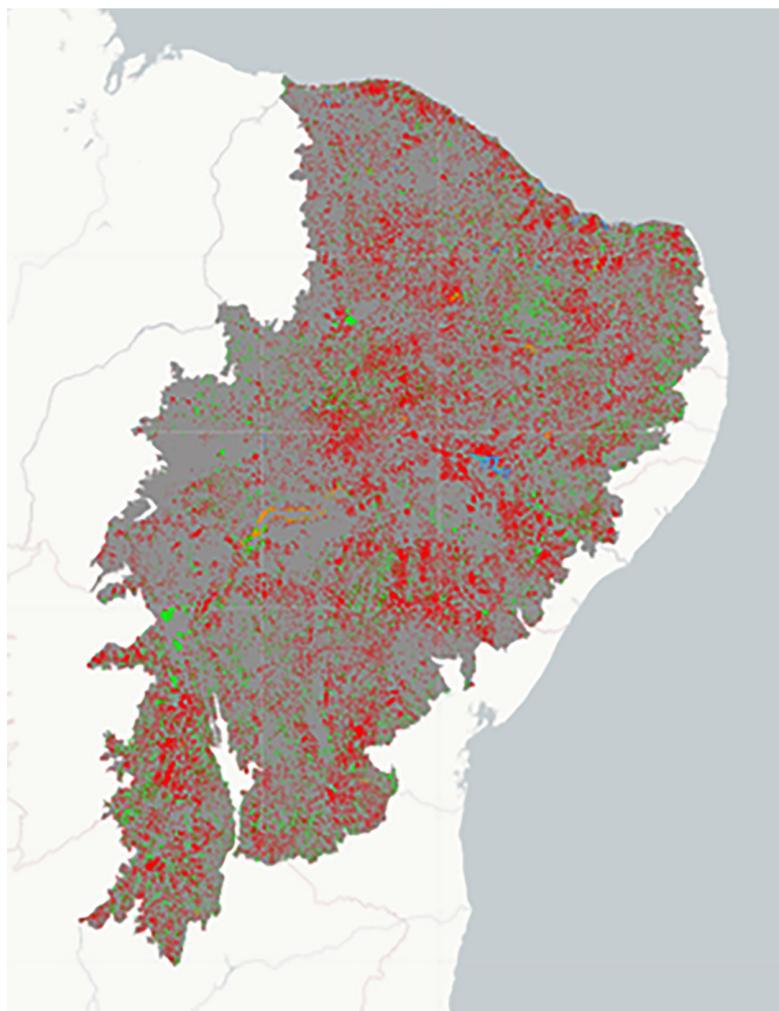
**Figura 3.** Dinâmica da cobertura e uso do solo por classe mapeada no bioma Caatinga para o período 1985 – 2018 (MapBiomias.org)

<sup>4</sup> Cobertura vegetal nativa considerou as classes “Formação Florestal”, “Formação savânica” e “Formação Campestre”

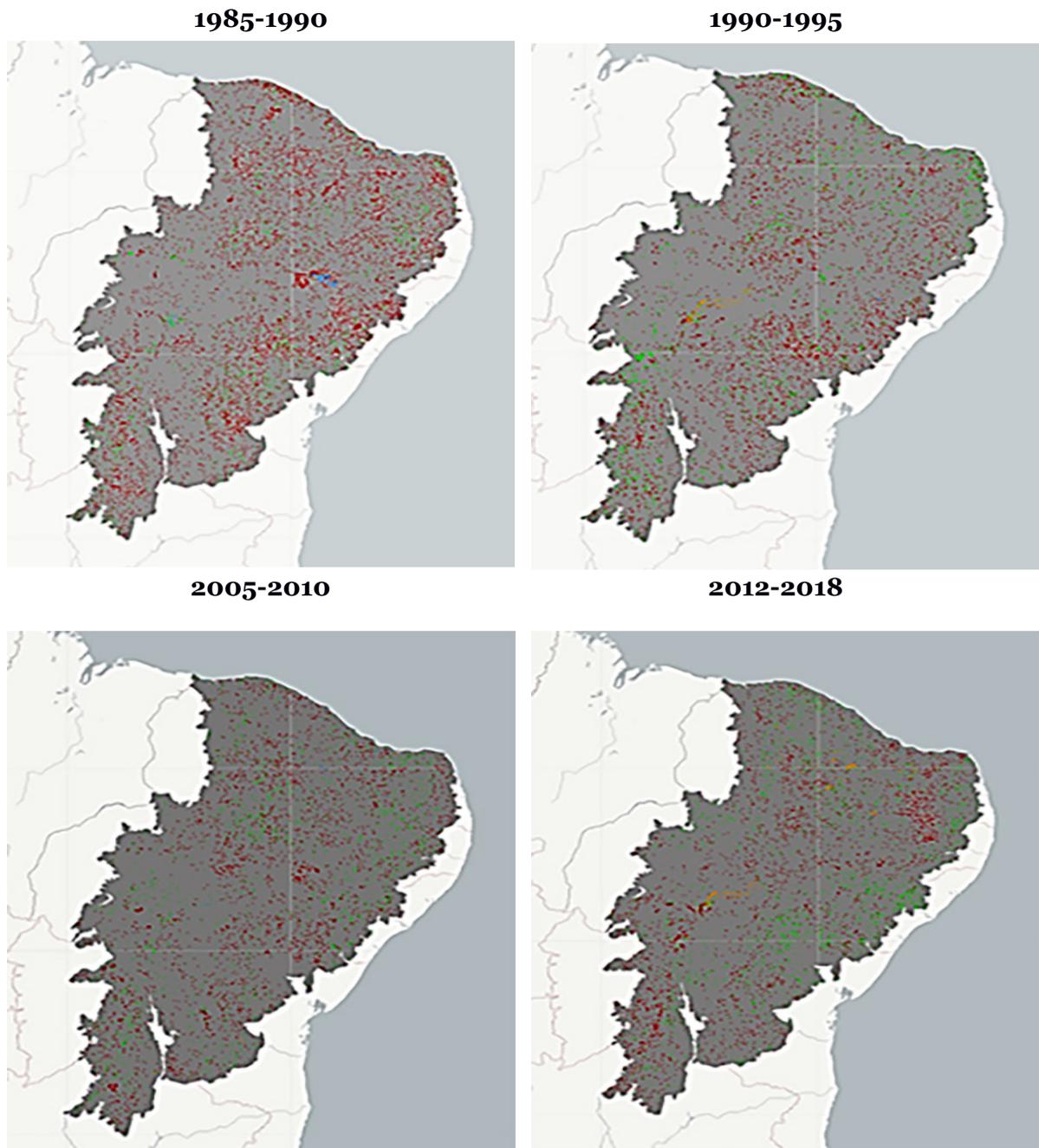
O período de maior perda de cobertura ocorreu entre 1985 e 1998 com mais de  $0,2 \times 10^6$  ha por ano. Ainda se observa queda das áreas florestais durante a seca excepcional entre 2012 e 2016 que provavelmente influenciou na interpretação das imagens, e pode ter levado a uma falsa redução de cobertura florestal. A agropecuária aumentou de  $26 \times 10^6$  ha em 1985 para  $34 \times 10^6$  ha em 2018.

Similar ao Global Forest Watch, o MapBiomas apresenta mapas de perda e ganho de cobertura florestal ao longo de diferentes períodos no intervalo da classificação. Diferente de outros biomas brasileiros (Amazônia, Cerrado), onde a perda florestal sempre predomina, a Caatinga apresenta um mosaico de polígonos com perdas e ganhos entrelaçados mostrando um cenário de dispersão espacializada de desmatamento e regeneração da vegetação nativa (Figura 4). A dinâmica de redução (até 2000) e manutenção da cobertura florestal (após 2000), mencionada anteriormente, também pode ser observada nos mapas específicos de períodos aproximados (Figura 5).

Assim, a abordagem de Curtis et al. (2018) de distúrbio da cobertura florestal mediante agricultura itinerante na região da Caatinga, não caracterizando uma perda permanente de florestas para outros usos do solo, é muito acertada.



**Figura 4.** Mapa de perda (vermelho) e ganho (verde) de cobertura florestal no bioma Caatinga entre 1985 e 2018 (MapBiomas).



**Figura 5.** Dinâmicas de perda (vermelho) e ganho (verde) de cobertura florestal no bioma Caatinga para diferentes períodos de observação.

### **Influência de diversos fatores na dinâmica da cobertura florestal**

Diversos autores apontaram vários fatores como causas determinantes da dinâmica da cobertura florestal na Caatinga. Dentre esses fatores, consideramos para nossa análise:

1. a demanda de lenha nos polos consumidores, que estaria sendo atendida por corte de matas nativas e, portanto, reduzindo a cobertura florestal;

2. a demanda de terras para agricultura permanente nos polos de desenvolvimento da agricultura intensiva;
3. a demanda de terras para agricultura familiar, concentrada nos polos de assentamento de reforma agrária;
4. o uso florestal continuado da terra, nos polos de manejo florestal sustentado;
5. a preservação da cobertura de vegetação nativa em Unidades de Conservação e Terras Indígenas;
6. os processos que geram perda de cobertura florestal em Núcleos de Desertificação.

Analizamos cada um destes polos e núcleos separadamente, ainda reconhecendo que vários fatores podem estar agindo simultaneamente em cada um deles, e até com efeitos opostos.

### **A dinâmica da cobertura florestal em polos de demanda intensiva por biomassa florestal**

Brasil (2018) identificou um conjunto de polos principais consumidores de biomassa na região Nordeste. Para esta análise selecionamos quatro polos com raios de 50 a 80 km:

- Polo gesseiro do Araripe/PE (Araripina, Trindade, Ipubi, Bodocó e Ouricuri);
- Polo cerâmico de Russas/CE (Russas, Tabuleiro do Norte, São João do Jaguaribe, Morada Nova, Limoeiro do Norte, Quixeré, Jaguaruana, Ibicuitinga, Beberibe, Baraúna, Palhano, Fortim, Apodi, Aracati, Itaíçaba, Governador Dix-Sept Rosado)
- Polo cerâmico do Seridó/RN (Jucurutú, Florânia, São Vicente, Currais Novos, São Fernando, Caicó, Jardim de Piranhas, São José do Seridó, Cruzeta, Acari, Carnaúba dos Dantas, Parelhas, Santana do Seridó, Equador, Ouro Branco, Jardim do Seridó, Ipueira, São João do Sabugi, Serra Negra do Norte, Timbaúba dos Batistas)
- Polo cerâmico de Açú/RN (Açu, Triunfo Potiguar, Paraú, Augusto Severo, Upanema, Governador Dix-Sept Rosado, Mossoró, Carnaubais, Alto do Rodrigues, Pendências, Afonso Bezerra, Angicos, Fernando Pedroza, Ipangaçu)

A análise foi realizada utilizando-se os resultados do MapBiomias (versão 4.1) e os dados do Censo Agropecuário do IBGE. A dinâmica observada da cobertura de Vegetação Nativa e Agropecuária pelo MapBiomias é apresentada na Figura 6 para os quatro polos consumidores.

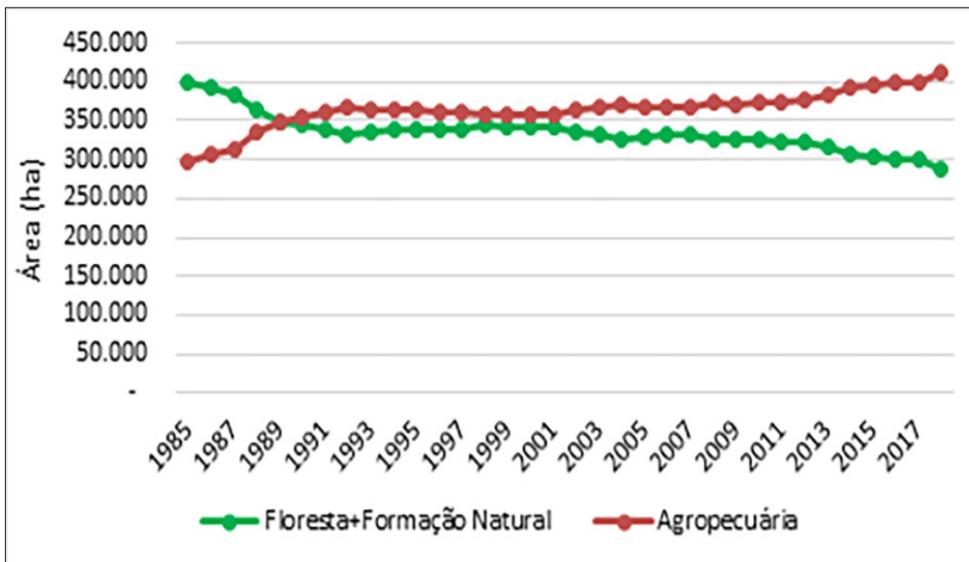
A redução da cobertura de vegetação nativa nos polos é sempre ao redor dos 15% no período de 1985 – 2018, com uma tendência de ser maior antes de 1995, conforme tendência geral encontrada no bioma. Observa-se em todos os polos, uma redução clara a partir de 2012, devido à seca excepcional que ocorreu entre 2012 e 2016, com impacto severo na vegetação nativa, ocasionando alta mortalidade das espécies arbóreas e arbustivas. Além disso, há um impacto no processamento das imagens de satélite, causando maior confusão na classificação automática.

Comparando os resultados do MapBiomas com o Censo Agropecuário do IBGE, observou-se bastante coerência nos resultados, embora com uma certa confusão de interpretação para as classes pastagens naturais e sistemas agroflorestais que podem ser, e provavelmente foram, mapeadas como floresta.

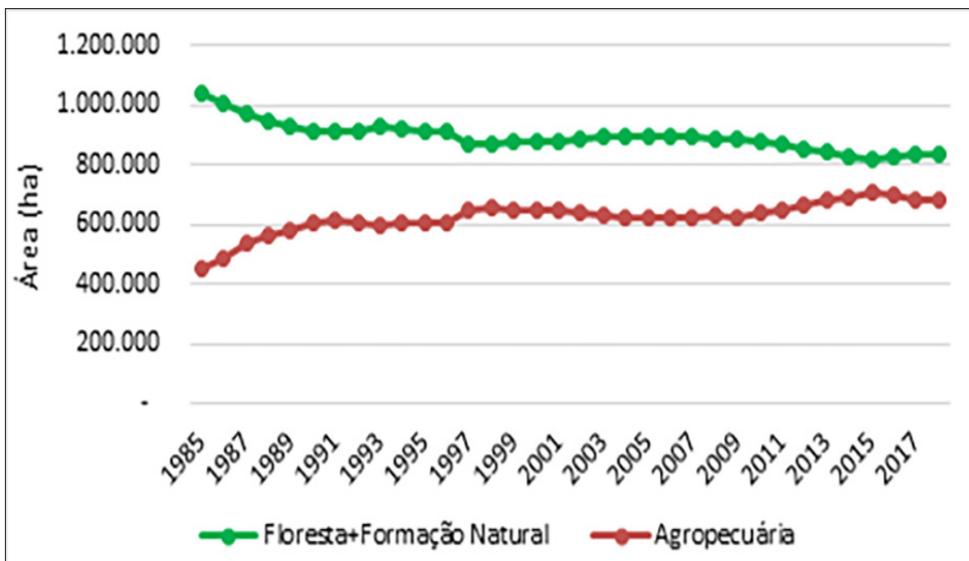
É interessante comparar o consumo de lenha destes polos e seu equivalente em superfície florestal com referência à superfície total dos municípios incluídos, apresentados na Tabela 1.

Assumindo que toda a biomassa consumida vem dos municípios dos polos e que toda lenha é obtida por desmatamento, a intensidade do distúrbio assim ocasionado seria bastante variável, podendo atingir de 3% até 31% da superfície dos polos em dez anos.

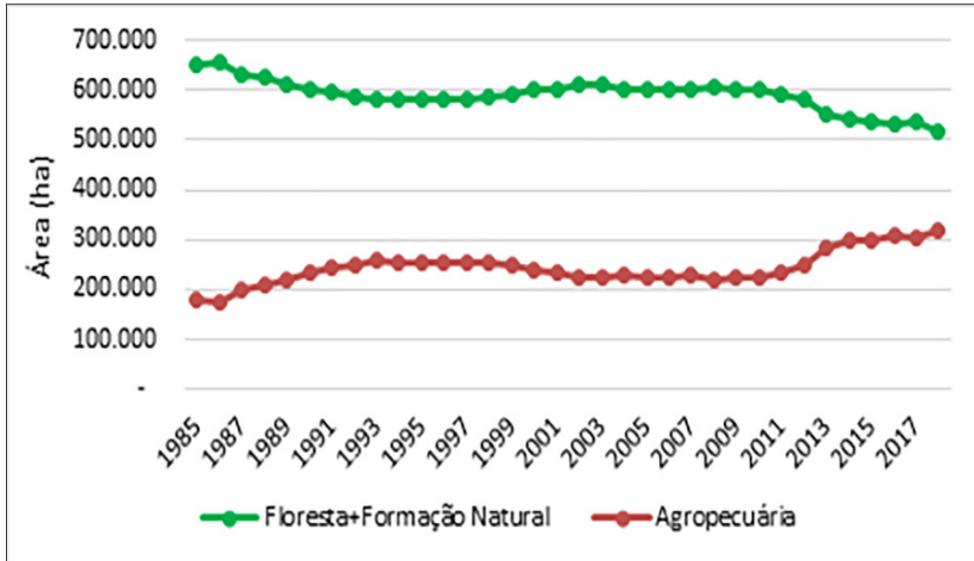
### Polo gesseiro do Araripe/PE



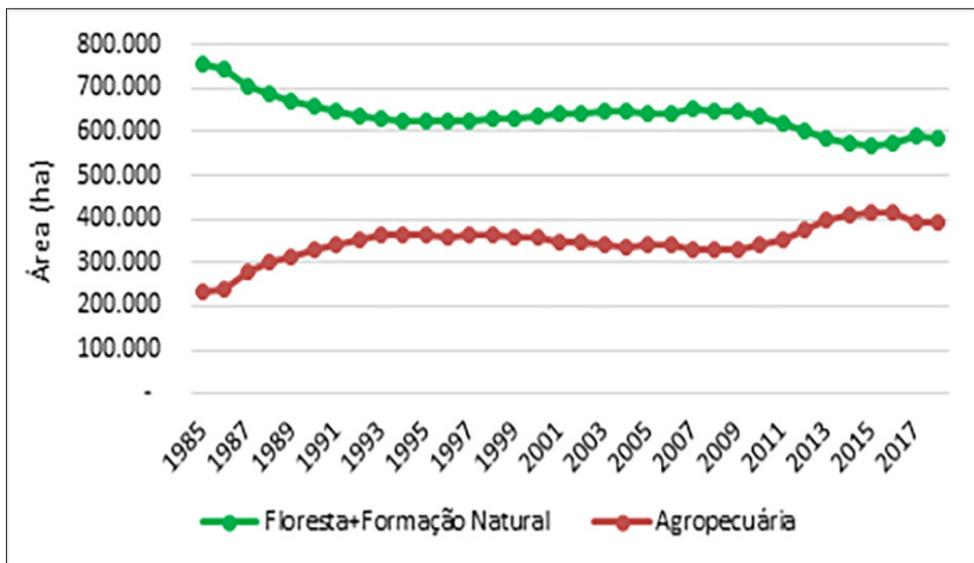
### Polo cerâmico de Russas/CE



### Polo cerâmico do Seridó/RN



### Polo cerâmico de Açú/RN



**Figura 6.** Dinâmica da cobertura de Vegetação Nativa e Agropecuária em quatro polos consumidores de biomassa na Caatinga.

**Tabela 1.** Demanda de lenha e áreas florestais e municipais para quatro polos consumidores de biomassa na Caatinga.

Polo Consumidor	Demanda de Lenha	Equivalente em área florestal	Área dos Municípios	Área florestal necessária anualmente / Área Municípios
	tMS/ano	ha/ano	ha	
Gesseiro	648.694	21.623	703.034	3,1%
Russas - CE	393.682	13.123	1.550.810	0,8%
Seridó -RN	291.972	9.732	847.931	1,1%
Açú - RN	88.549	2.952	1.009.737	0,3%

\*calculado com um valor médio de 30 tMS de biomassa/ha (tMS = tonelada de matéria seca)

### A dinâmica da cobertura florestal em polos de desenvolvimento agrícola

Selecionamos três áreas de reconhecida importância de desenvolvimento agrícola no bioma:

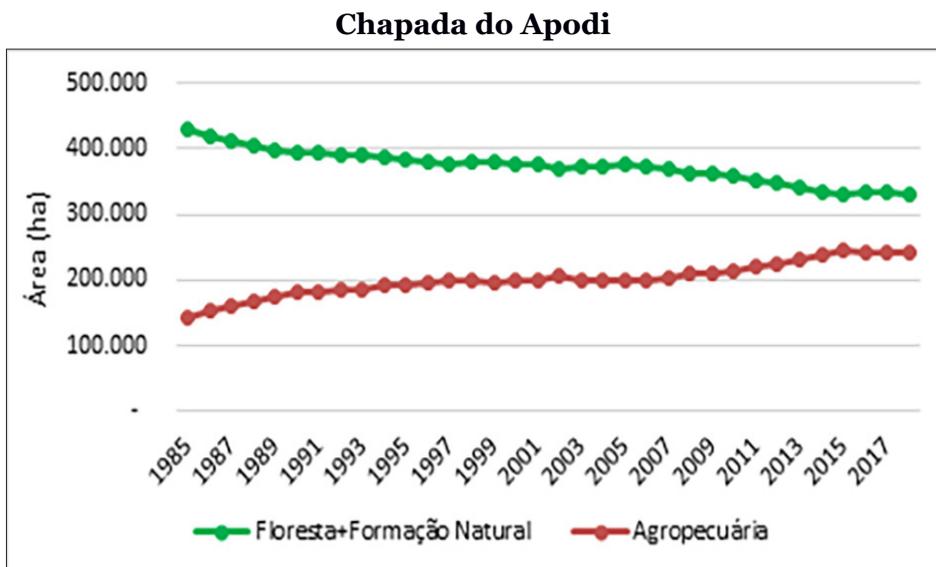
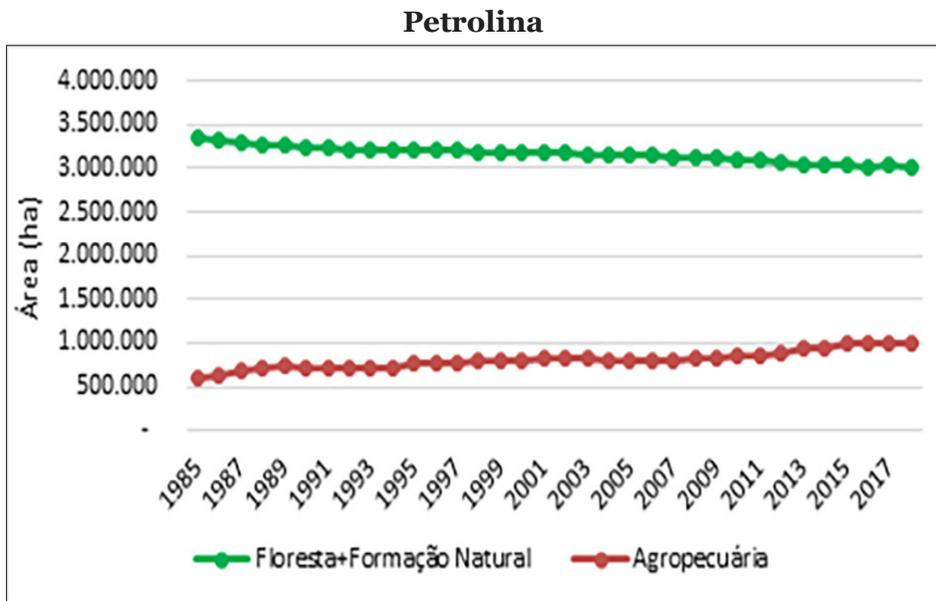
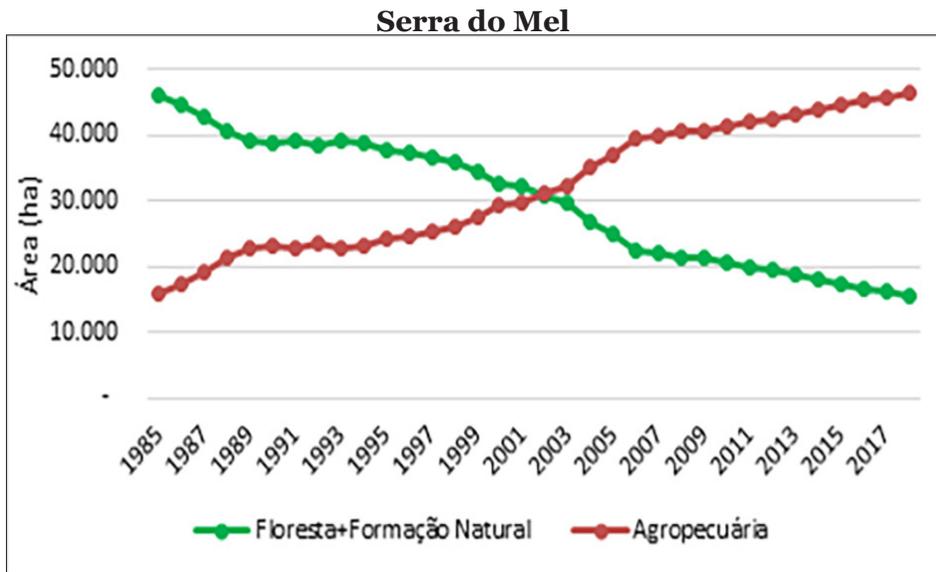
- Serra do Mel/RN – com intenso cultivo de cajueiro;
- Petrolina – com perímetro irrigado (Petrolina, Juazeiro, Lagoa Grande, Curaçá, Sobradinho, Casa Nova e Sento Sé)
- Chapada do Apodi – perímetro irrigado e fruticultura permanente (Limoeiro do Norte, Tabuleiro do Norte, Quixeré, Baraúna, Governador Dix-Sept Rosado, Apodi)

As regiões dos agrestes não foram contempladas na nossa análise. A redução da cobertura de vegetação nativa nessas regiões ocorreu antes dos últimos 30 anos e desde então, florestas nativas aí são escassas.

A dinâmica das coberturas de Vegetação Nativa e Agropecuária pelo MapBiomias é apresentada na Figura 7 para as três áreas. A cobertura florestal varia bastante entre os polos, mas de uma forma geral apresenta uma redução de 79% para 69%, sendo mais acelerada após 1995.

O caso de Serra do Mel é atípico, com uma queda drástica de cobertura florestal de 74% em 1985 para 61% em 1995 e 25% em 2018. O caso de Petrolina é menos acentuado uma vez que a expansão agrícola ocorreu em perímetros irrigados, que são menores e mais concentrados. Nos três polos, a tendência de diminuição da cobertura vegetal nativa é constante e pode continuar no futuro. Essas tendências são corroboradas com resultados do Censo Agropecuário do IBGE.

Logo, esses polos apresentam uma característica de mudança permanente no uso do solo.



**Figura 7.** Dinâmica das classes de Vegetação Nativa e Agropecuária em três polos de desenvolvimento agrícola na Caatinga.

## A dinâmica da cobertura florestal em polos com alta presença de assentamentos da reforma agrária

Considerando que a reforma agrária promove e estimula a produção agropecuária, há de se esperar um impacto na cobertura de vegetação nativa. As terras onde foram localizados os assentamentos, que eram de forma geral “improdutivas” e ocupadas por matas, passariam a ser terras cultivadas.

Selecionamos em cinco estados os municípios de maior ocorrência de projetos de assentamento do INCRA (Tabela 2).

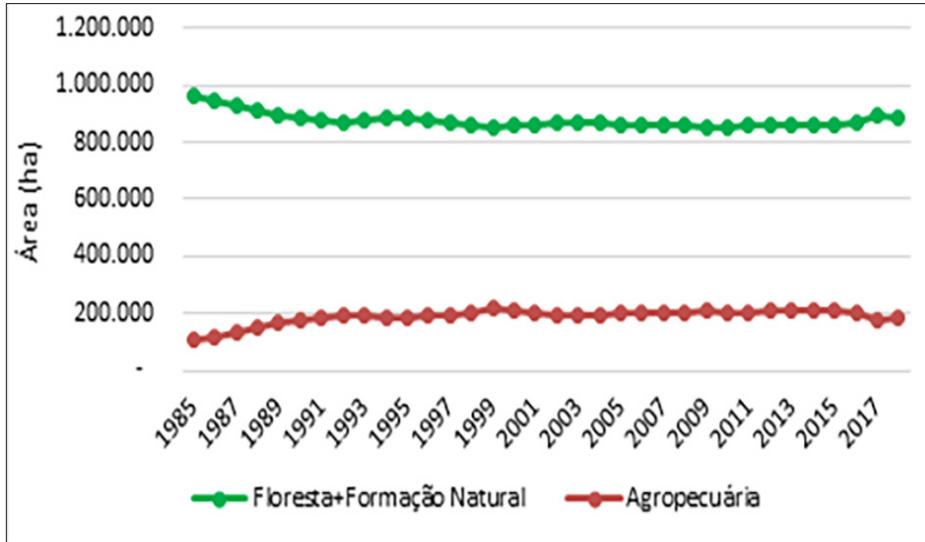
**Tabela 2.** Número de projetos, número de famílias e áreas em cinco polos com alta presença de Projetos de Assentamento da reforma agrária (PA).

UF	Municípios	PA	Famílias	Área PA	Área municipal	Área PA / município	Área agrícola	Área Agrícola/ municipal
		Nº	Nº	ha	ha		ha	
PE	7	168	6.458	165.681	1.960.120	8,5%	32.290	1,6%
CE	3	75	3.982	210.520	1.075.454	19,6%	19.910	1,9%
PB	6	50	2.870	39.538	211.456	18,7%	14.350	6,8%
PI	7	122	5.990	159.630	941.197	17,0%	29.950	3,2%
RN	5	86	5.838	145.546	606.424	24,0%	29.190	4,8%

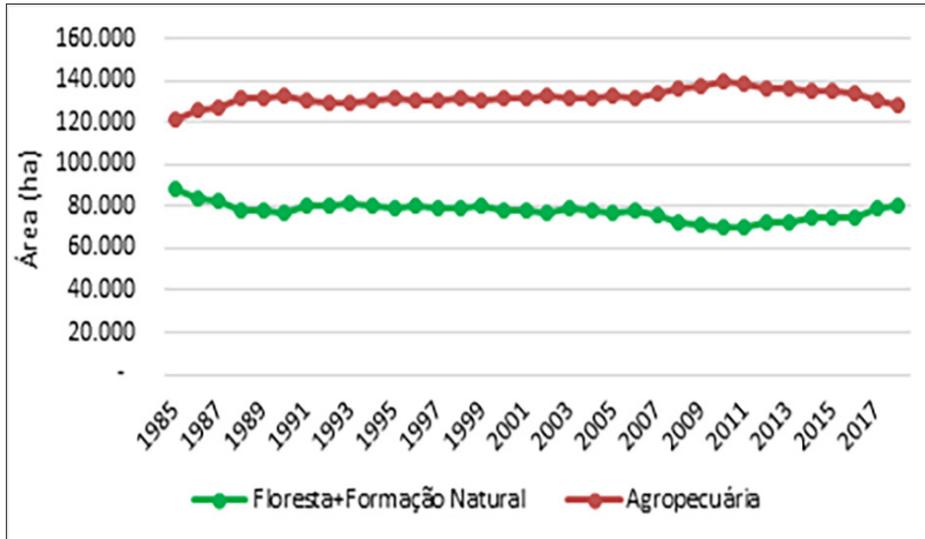
- CE: os municípios de Canindé, Santa Quitéria e Quixeramobim com 75 assentamentos de um total de 413 no estado, ocupando 210 mil hectares do total de 887 mil;
- PB: os municípios de Cruz do Espírito Santo, Alagoa Grande, Bananeiras, Barra de Santana, Cajazeiras e Pedra de Fogo – 50 dos 234 assentamentos, com 40 mil dos 240 mil ha;
- PE: os municípios de Floresta, Serra Talhada, Lagoa Grande, Petrolina, Ibimirim, Cabrobó e Santa Maria da Boa Vista – 168 dos 443 assentamentos, com 166 mil ha dos 474 mil;
- PI: os municípios de Esperantina, Palmeirais, Teresina, Miguel Alves, José de Freitas, Altos e Barras – 122 assentamentos do total de 475 com 160 mil hectares dos 1.374 mil;
- RN: Carnaubais, João Câmara, Governador Dix-Sept Rosado, Apodi e Mossoró – 86 assentamentos de 273 com 146 mil hectares de 488 mil.

A amostra de municípios é bastante representativa e os resultados da dinâmica da cobertura de vegetação nativa e da agropecuária (de acordo com MapBiomias) são apresentados na Figura 9.

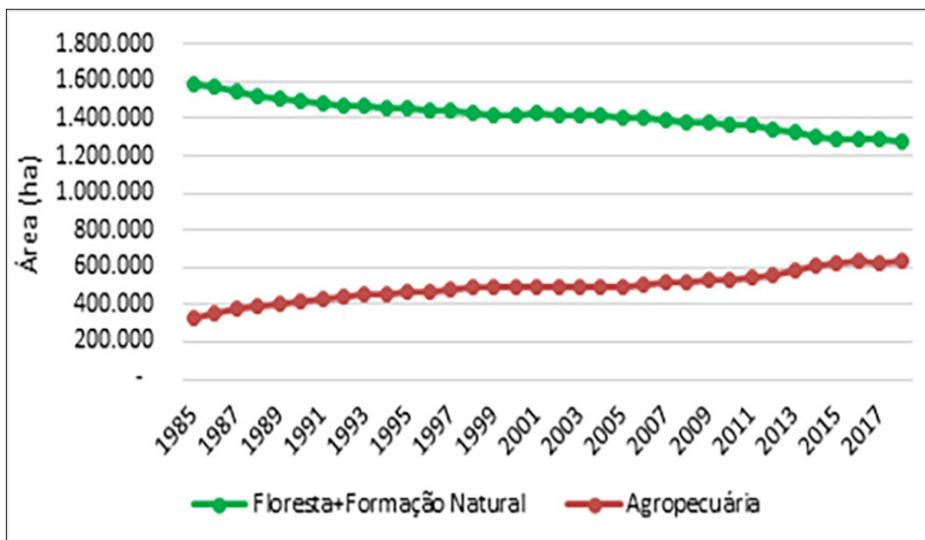
### Ceará



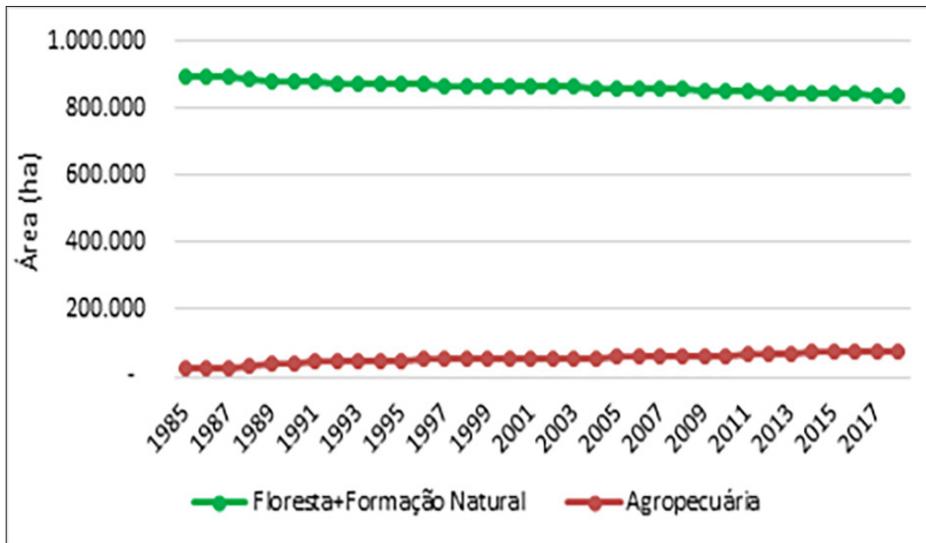
### Paraíba



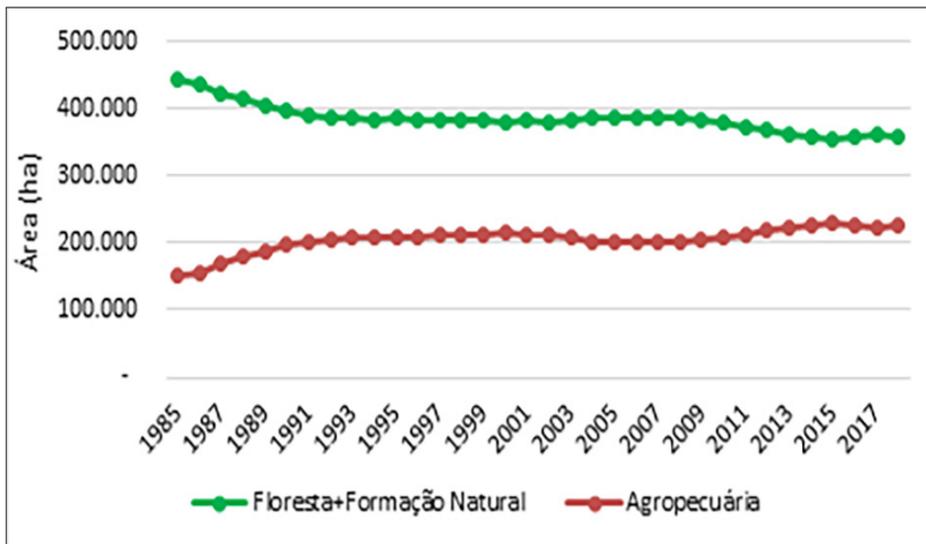
### Pernambuco



### Piauí



### Rio Grande do Norte



**Figura 8.** Dinâmica da Vegetação Nativa e Agropecuária em cinco polos de concentração de Projetos de Assentamento na Caatinga.

Observa-se um comportamento diferente nos municípios de PE, PI e RN onde houve uma redução sistemática da cobertura florestal ao longo de todo o período de 1985 a 2018. Já no CE e na PB, com exceção dos primeiros cinco a dez anos, a cobertura de vegetação nativa se manteve. Interessante é o caso da PB, onde a cobertura de vegetação nativa (40%) sempre foi menor que a área de agropecuária (60%). Nos demais estados, a cobertura da vegetação nativa inicial (1985) era de aproximadamente 80 a 90%, passando em 2018 para 60 a 80%. Inesperadamente, a cobertura vegetal nesses municípios ainda está acima da média do bioma em 2018.

Vale salientar que, mesmo com elevado número de projetos de assentamento, as suas áreas ocupam uma pequena parte dos respectivos municípios: de 8,5% a 24,0

%. Mais importante ainda, as terras utilizadas para agricultura nesses assentamentos, só representam entre 1,6 % e 6,8% da área dos municípios. Logo, os efeitos do desmatamento destas áreas, que ocorrem em manchas pequenas e totalizam cerca de 125 mil hectares nos cinco polos, são pouco perceptíveis na escala do mapeamento realizado. Provavelmente, a perda de área florestal observada nos municípios considerados foi devida a outros fatores.

A dinâmica da cobertura florestal em polos com alta presença de Planos de Manejo Florestal Sustentável

Para esta análise, selecionamos em cinco estados os municípios com predominância de Planos de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) da Caatinga (Tabela 3):

- PE: os municípios de Sertânia, Ouricuri, Serra Talhada, Exú e Floresta, detêm 77 dos 169 planos protocolados e representam quase 26 mil hectares de manejo de um total de 72 mil;
- CE: os municípios de Morada Nova, Canindé, Crateús, Pentecoste e Russas, com 87 planos do total de 400, representando 50 mil hectares dos 205 mil em total;
- PB: os municípios de Cuité, Santa Teresinha e Sousa têm 12 planos do total de 79 com 4,5 mil hectares dos 30 mil;
- PI: os municípios de Juazeiro do Piauí, Campo Maior, Lagoa do Sítio e Simões – 23 planos do total de 152 com 23 mil hectares do total de 171 mil hectares de manejo;
- RN: os municípios de João Câmara, Santana do Matos, Lajes e Acari, contendo 14 dos 67 planos protocolados com 9 mil dos 49 mil hectares.

Logo, o quantitativo de hectares indica que se trata de uma amostra com representatividade significativa da atividade do manejo florestal sustentável.

**Tabela 3.** Número e área de PMFS em cinco polos com alta presença de PMFS.

UF	Municípios	Nº PMFS	Área de PMFS	Área de propriedades	Área de municípios	Área manejo / município
			ha	ha	ha	
PE	5	77	25.997	65.148	1.276.410	2,0 %
CE	5	87	50.254	127.616	1.195.087	4,2 %
PB	3	12	4.448	11.958	183.850	2,4 %
PI	4	23	23.361	46.105	449.294	5,2 %
RN	4	14	8.854	14.656	342.555	2,6 %

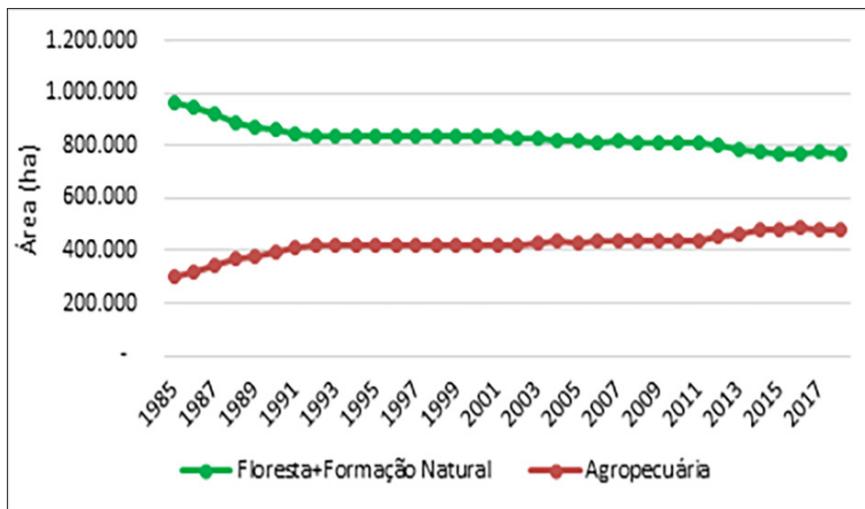
A dinâmica observada da Vegetação Nativa e Agropecuária pelo MapBiomas nos polos com alta presença de Planos de Manejo florestal é apresentada na Figura 9 para os cinco estados (PE, CE, PB, PI e RN).

Em todos os estados observou-se uma redução da cobertura florestal no período de 1985 a 1995, período esse, anterior à implementação de manejo florestal. A partir deste ano, houve praticamente uma permanência da cobertura, com exceção para o período da seca de 2012 a 2016.

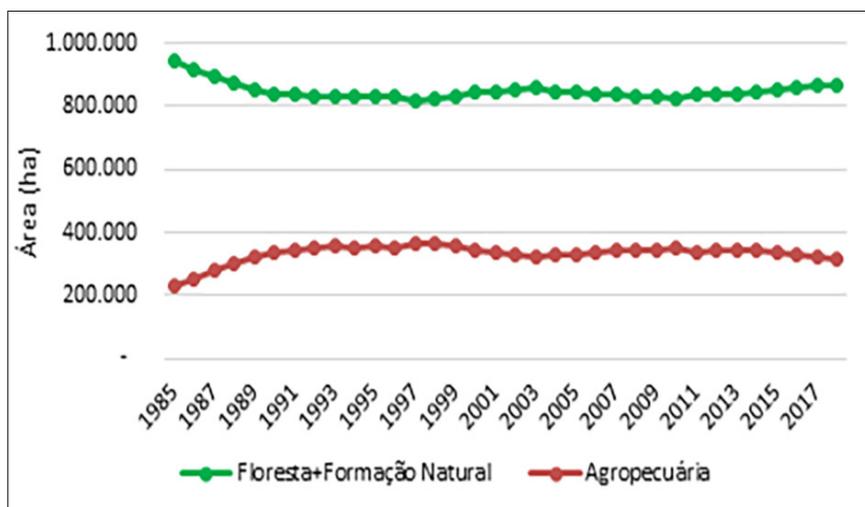
É interessante ressaltar que em todos esses polos, a cobertura de vegetação nativa foi geralmente bem superior à média observada no bioma (59%), atingindo 77% no caso do Piauí (Figura 8).

Similar ao caso de projetos de assentamentos, mesmo ocorrendo uma concentração de PMFS nos municípios considerados, tanto em número como em área, os mesmos ocupam entre 2,0 e 5,2% da superfície total dos municípios, e ainda considerando a área total das propriedades com PMFS, não ultrapassa os 10% da área total. Portanto, a existência de PMFS com este nível de concentração não consegue, por si só, explicar a dinâmica da cobertura florestal nestes polos. Contudo, a sua alta presença pode influenciar outros proprietários na gestão das suas florestas, legalizada ou não, inclusive a partir de uma maior presença dos órgãos ambientais para o monitoramento dos PMFS. Assim, o manejo florestal pode possivelmente contribuir para a manutenção da cobertura florestal na região.

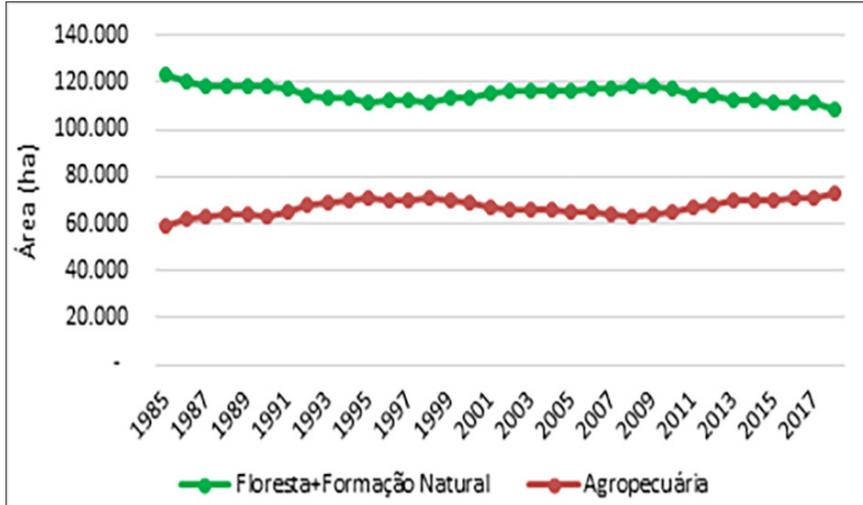
### Pernambuco



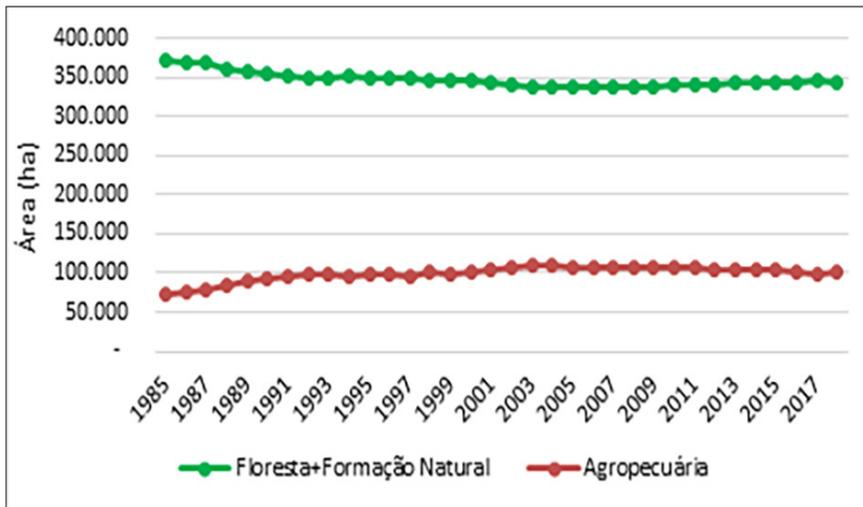
### Ceará



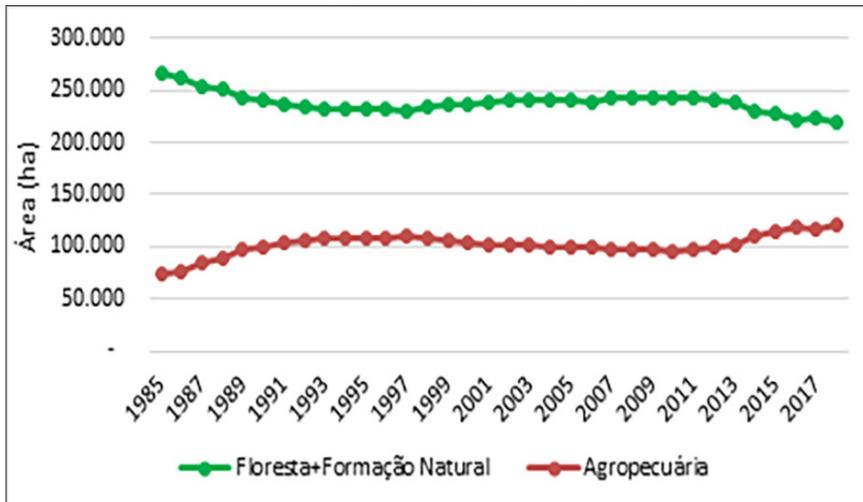
### Paraíba



### Piauí



### Rio Grande do Norte

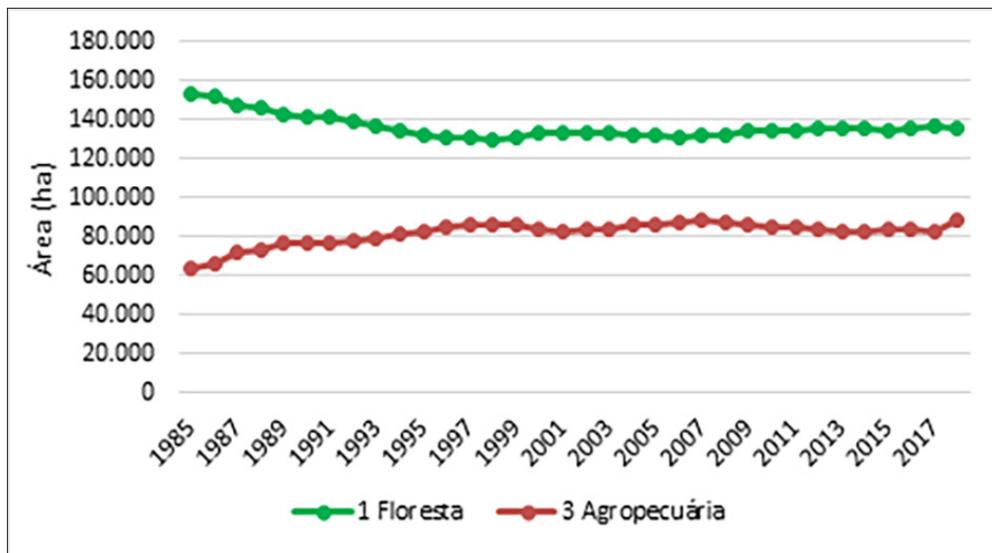


**Figura 9.** Dinâmica da Vegetação Nativa e Agropecuária em cinco polos de concentração de PMFS na Caatinga.

## A dinâmica da cobertura florestal em Terras Indígenas

Atualmente há em torno de 27 Terras Indígenas (TI) no bioma Caatinga, ocupando uma área aproximada de 234 mil hectares. Essas TIs foram criadas no período de 1988 a 2017 e as suas áreas variam entre 137 e 45.146 hectares.

A Figura 10 apresenta a dinâmica da cobertura de vegetação nativa e agropecuária no conjunto de TI para o período de 1985 a 2018 (fonte MapBiomias).



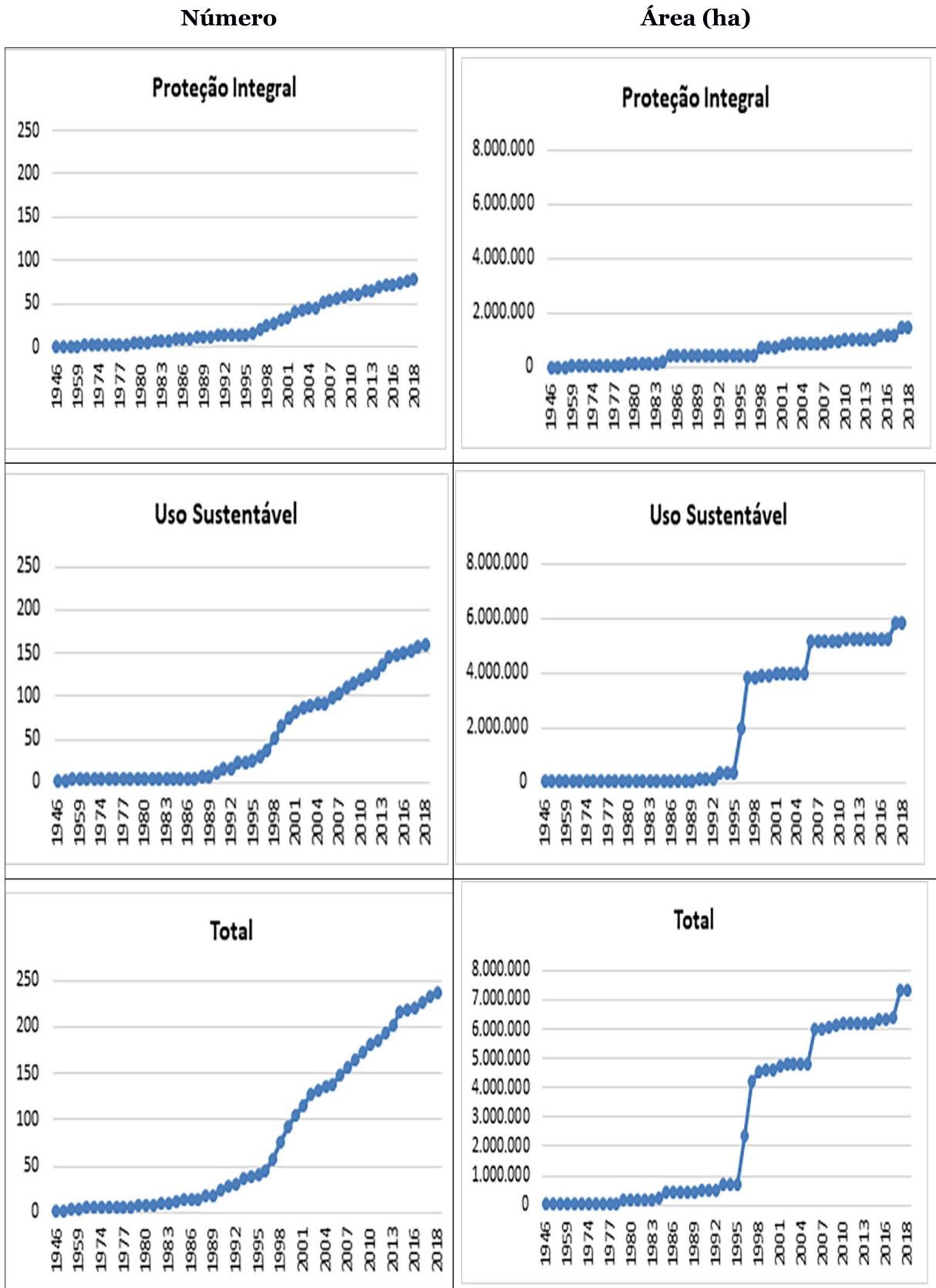
**Figura 10.** Dinâmica da Vegetação Nativa e Agropecuária no conjunto de Terras Indígenas na Caatinga.

Observa-se novamente o mesmo padrão de redução da cobertura florestal até 1995 (de 71% para 63%), com posterior estabilidade e cobertura acima da média do bioma. Logo, as Terras Indígenas contribuem positivamente para a manutenção de vegetação nativa.

## A dinâmica das Unidades de Conservação

A criação de Unidades de Conservação tem sido reconhecida como a ferramenta principal de conservação da biodiversidade, bem como para garantir as paisagens e serviços ecossistêmicos e ainda para combater o desmatamento e conservar o solo. O Sistema Nacional de Unidades de Conservação considera duas classes, em função do tipo de intervenção ou manejo permitido: as Unidades de Proteção Integral (PI) e as de Uso Sustentável (US).

A Figura 11 apresenta a evolução do número e da área dessas Unidades de Conservação no bioma Caatinga ao longo do tempo.

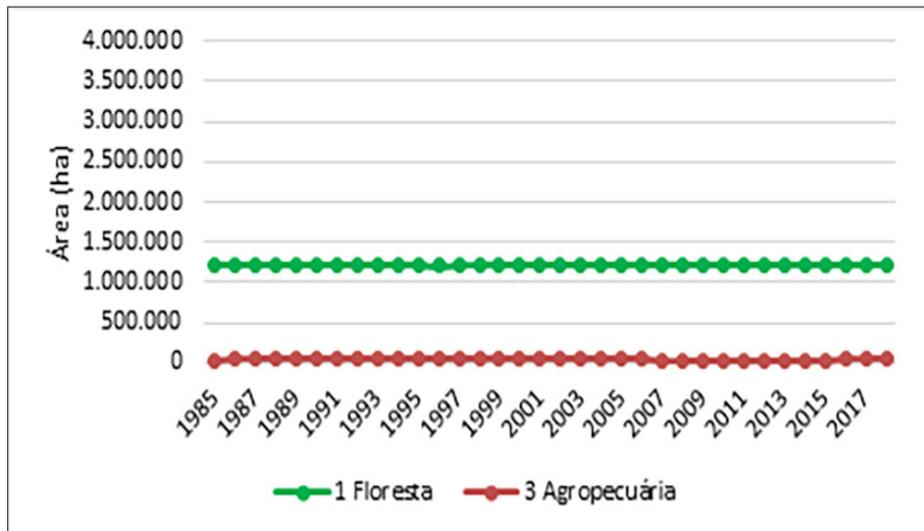


**Figura 11.** Evolução do Número e da Área (ha) de Unidades de Conservação de Proteção Integral, Uso Sustentável e Total no bioma Caatinga. Fonte: Banco de dados APNE.

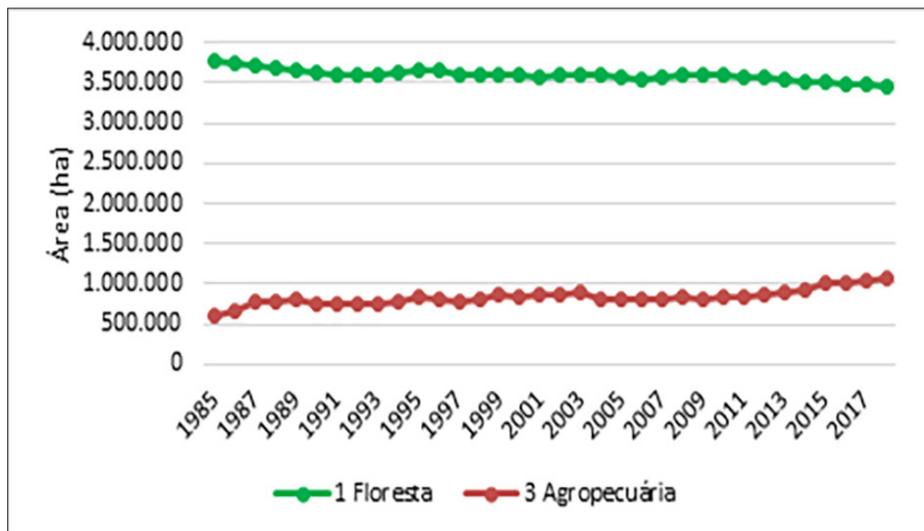
Ainda que as primeiras Unidades de Conservação datem dos anos quarenta, o processo de criação acelerou apenas a partir dos anos oitenta. Observa-se a predominância, principalmente em termos de área, das Unidades de Uso Sustentável. As UCs de Proteção Integral somam 79 áreas com superfície de aproximadamente 1,5 milhões de hectares. As UCs de Uso Sustentável somam 159 casos com superfície de 7,3 milhões de hectares. Ao todo, atualmente as Unidades de Conservação representam em torno de 8,5% do bioma.

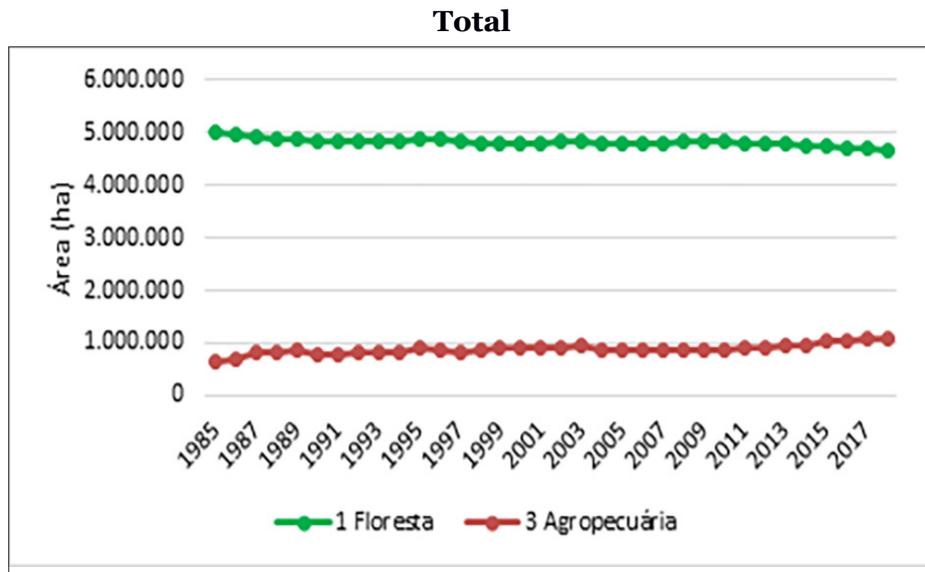
Mesmo que o mapeamento por imagem de satélite não ofereça detalhes sobre a “qualidade” das florestas em termos de biodiversidade, porte, estrutura e processos ecológicos, ele permite avaliar a ocorrência ou não de mudanças de uso do solo, permanentes ou não. A Figura 12 apresenta essa dinâmica a partir dos resultados do MapBiomas para o período de 1985 a 2018.

### Proteção Integral



### Uso Sustentável





**Figura 12.** Dinâmica da Vegetação Nativa e Agropecuária nas Unidades de Conservação na Caatinga.

As Unidades de Proteção Integral mantêm perfeitamente a sua cobertura de vegetação nativa. Nas Unidades de Uso Sustentável observa-se uma leve redução – de 77% para 72% no período de 33 anos. Em 2018, a cobertura com vegetação nativa nessas Unidades supera muito a média do bioma.

Esses resultados mostram que as iniciativas de conservação por meio da criação de Unidades de Conservação foram positivas.

### A dinâmica da cobertura e uso do solo nos núcleos de desertificação

A preocupação para com o avanço da desertificação no semiárido está no centro das discussões técnicas sobre a conservação da biodiversidade e a promoção do desenvolvimento rural na região.

O Atlas das Áreas Suscetíveis à Desertificação do Brasil (MMA, 2007) apresenta quatro núcleos de Desertificação (Tabela 4).

**Tabela 4.** Municípios do Núcleos de Desertificação.

Núcleo de Desertificação	Municípios
Gilbués/PI	Gilbués, Monte Alegre do Piauí
Irauçuba/CE	Irauçuba, Sobral, Forquilha
Seridó/RN	Acari, Carnaúba dos Dantas, Cruzeta, Currais Novos, Equador, Parelhas
Cabrobó/PE	Belém de São Francisco, Cabrobó, Carnaubeira da Penha, Floresta, Itacuruba

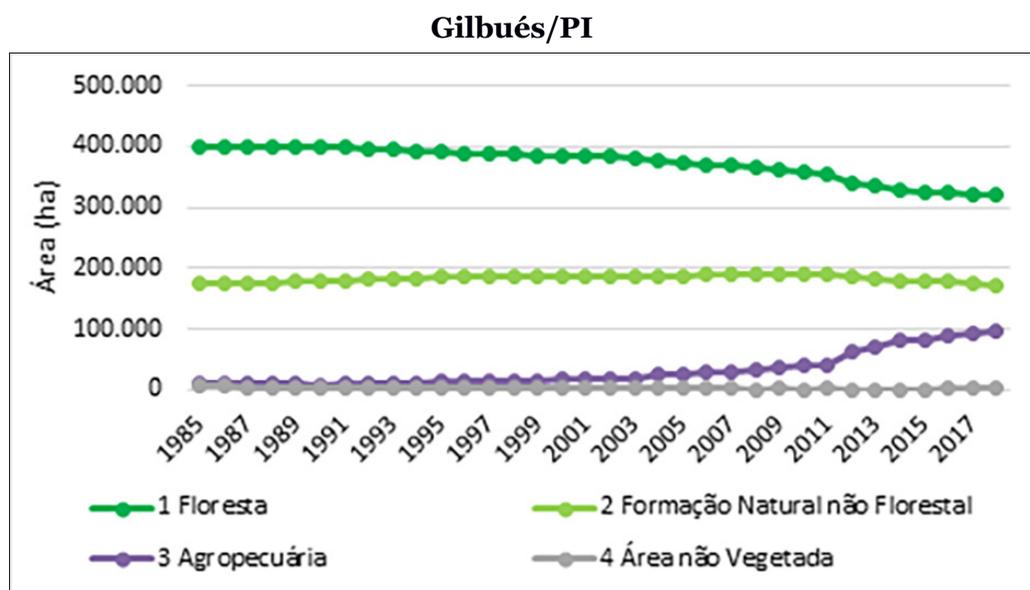
Por sua vez, o INSA no Portal de Desertificação apresenta estudos para três núcleos (<http://sigsab.insa.gov.br/acervoDigital>)<sup>5</sup>:

- núcleo do Seridó, contemplando 32 municípios do RN e da PB;
- núcleo dos Inhamuns, contemplando 3 municípios (Independência, Tauá e Arneiroz);
- núcleo dos Cariris Velhos, contemplando 23 municípios na PB.

Para analisar esses núcleos, consideramos a cobertura vegetal como um indicador aceito de forma geral (PEREZ-MARIN et al, 2012). Além deste critério, avaliamos também a evolução do IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano Médio - <http://atlasbrasil.org.br/2013/>).

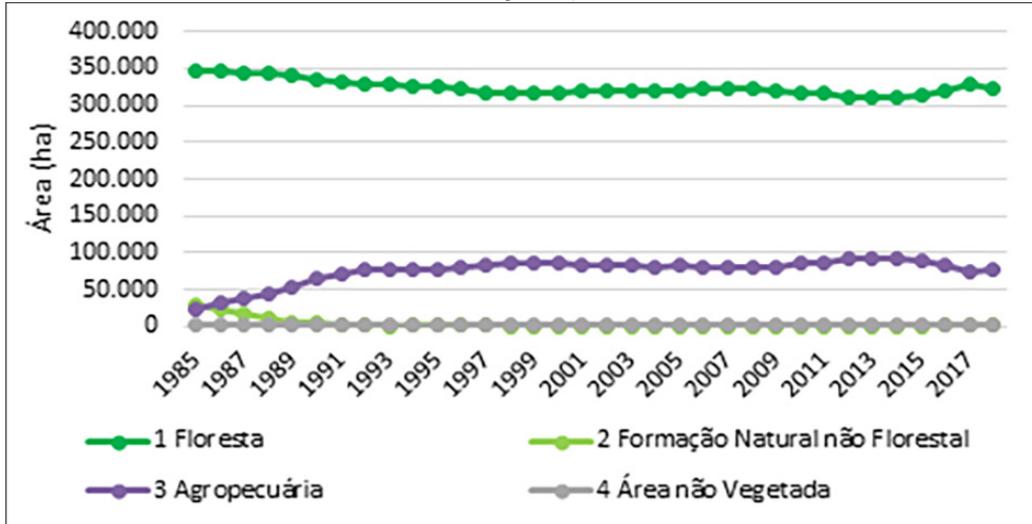
- *Análise dos Núcleos do Atlas das Áreas Susceptíveis à Desertificação do Brasil.*

A Figura 13 apresenta a dinâmica da cobertura e usos do solo para os quatro núcleos de desertificação do Atlas no período de 1985 a 2018, com base nos dados do MapBiomias. Nesta análise incluímos também a classe de “Áreas não vegetadas”, a qual também pode refletir o processo de desertificação que possa estar ocorrendo nestes núcleos.

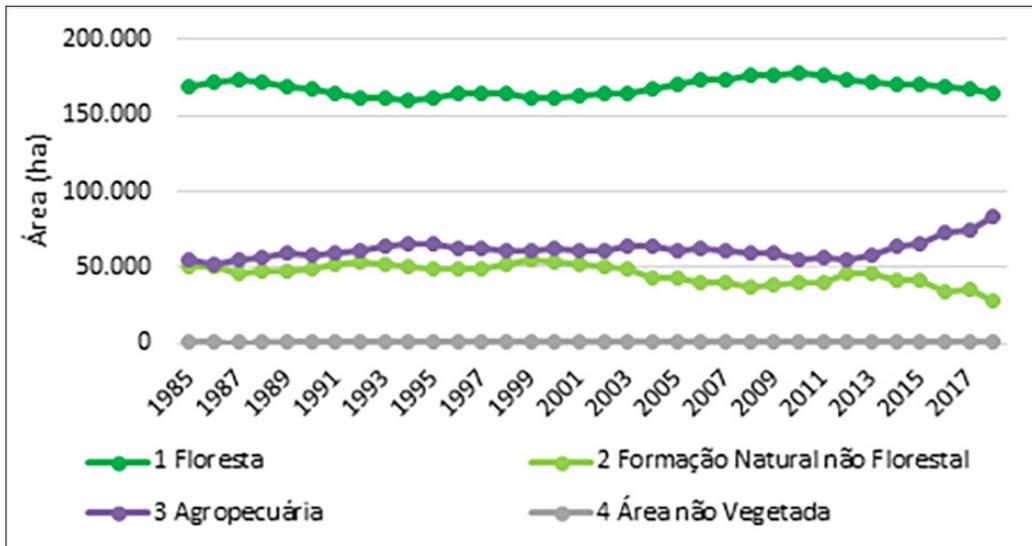


<sup>5</sup> Ao todo, Perez-Marin et al. (2012) consideram seis núcleos no semiárido brasileiro (Gilbués/PI, Irauçuba/CE, Seridó/RN e PB, Cabrobó/PE, Cariris Velhos/PB e Sertão do São Francisco/BA).

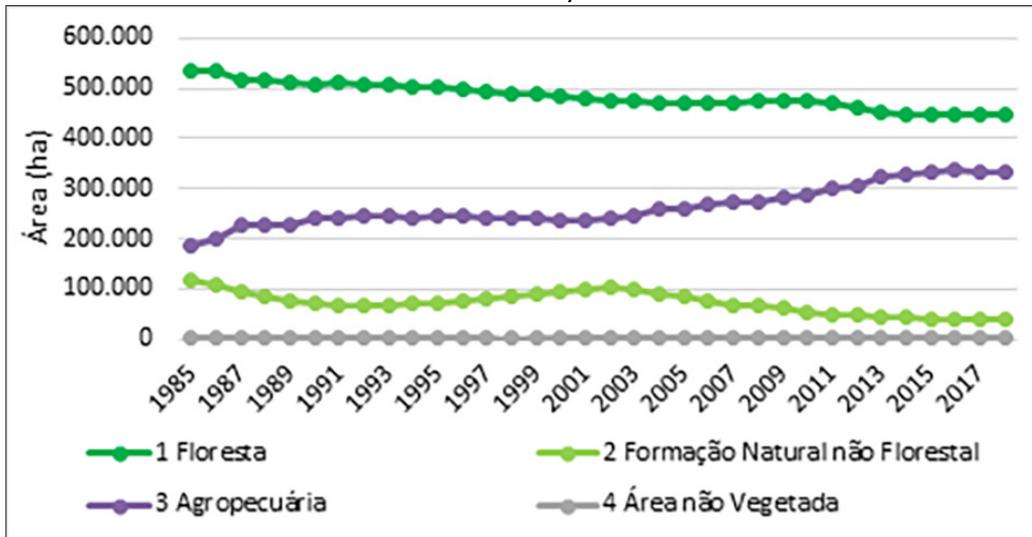
### Irauçuba/CE



### Seridó/RN



### Cabrobó/PE



**Figura 13.** Dinâmica da cobertura vegetal em quatro núcleos de desertificação de acordo com o MapBiomas.

Observa-se uma perda significativa da cobertura de vegetação nativa no período analisado, ainda mantendo valores muito acima da média do bioma (59 %) (Tabela 5). Uma parte considerável da perda ocorre na classe “Formação Natural não Florestal” (Figura 12).

**Tabela 5.** Cobertura de vegetação nativa em quatro núcleos de desertificação em 1985 e 2018.

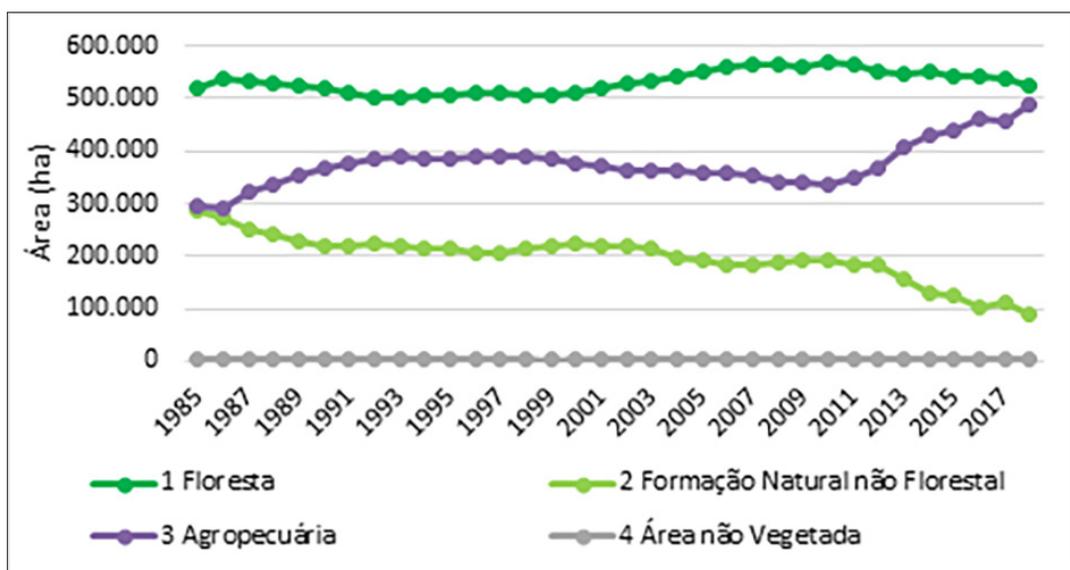
Núcleo	1985	2018	Diferença
Seridó/RN	79%	69%	-10%
Gilbués/PI	97%	83%	-14%
Irauçuba/CE	92%	80%	-12%
Cabrobó/PE	76%	57%	-19%

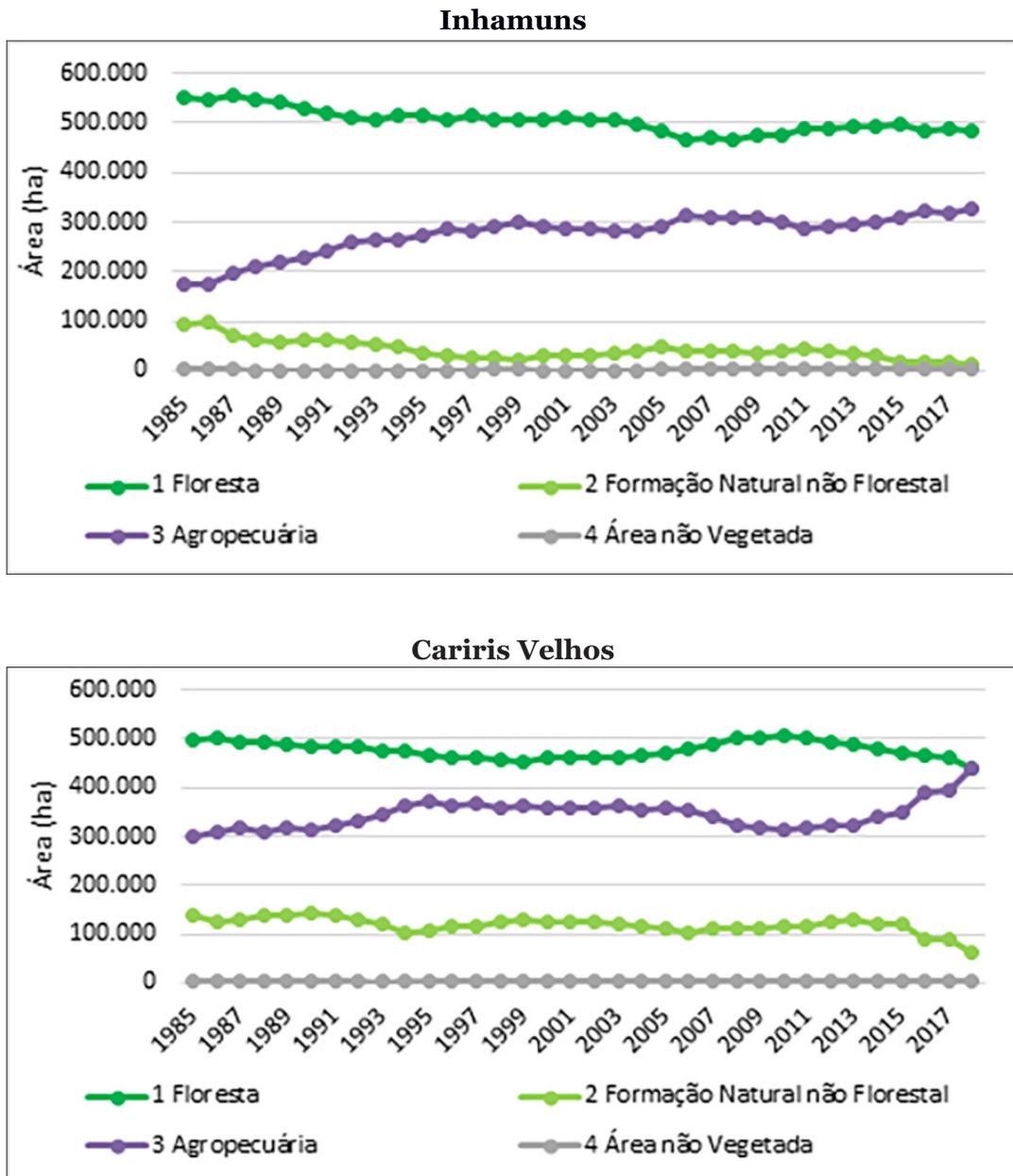
As “Áreas não vegetadas” representam sempre apenas entre 0,4 e 1,0 % da área total dos núcleos e conseqüentemente apresentam-se como efeito desprezível na análise.

- Análise dos Núcleos considerados pelo INSA

Por sua vez, a Figura 14 apresenta a dinâmica da cobertura e uso do solo segundo MapBiomas, para os três núcleos de desertificação considerados pelo INSA para o período de 1985 a 2018. Também nestes casos, a dinâmica observada é muito similar aos quatro núcleos anteriores com perdas variando entre 14 e 18% no período observado. Novamente, uma parte considerável da perda desde 2011 ocorreu na Formação Natural não Florestal, com ganho quase igual na Agropecuária.

**Seridó**





**Figura 14.** Dinâmica da cobertura e do uso do solo em três núcleos de desertificação de acordo com o MapBiomias.

Os estudos apresentados pelo INSA consideraram períodos distintos nos três núcleos:

- Núcleo do Seridó (1990 – 2007 – 2015)
- Núcleo do Inhamuns (1998 – 2013)
- Núcleo dos Cariris Velhos (1990 – 2005 – 2016)

Nos três núcleos foram mapeadas quatro classes de variação do percentual de cobertura vegetal a partir do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI): < 25%, 25 – 50%, 50 – 75% e 75 – 100%. A Tabela 6 resume os resultados encontrados.

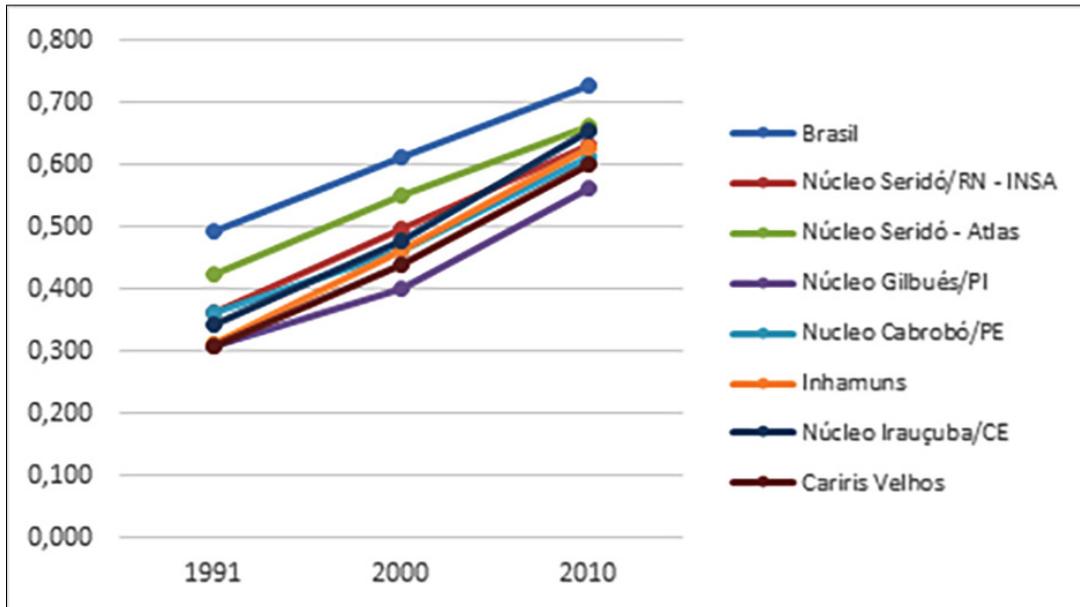
**Tabela 6.** Classes de cobertura vegetal (km<sup>2</sup>) em função do NDVI em três núcleos de desertificação.

<b>Núcleo</b>	<b>ANOS</b>	<b>&lt; 25%</b>	<b>25-50%</b>	<b>&gt; 50%</b>	<b>Total</b>
<b>Seridó</b>	1990	476	7.652	2.995	<b>11.123</b>
	2007	194	8.449	2.290	<b>10.933</b>
	2015	72	5.845	5.045	<b>10.962</b>
<b>Inhamuns</b>	1998	96	5.784	2.051	<b>7.931</b>
	2013	41	1.866	5.828	<b>7.735</b>
<b>Cariris Velhos</b>	1990	490	4.951	4.539	<b>9.980</b>
	2005	338	6.095	3.003	<b>9.436</b>
	2016	19	6.775	2.684	<b>9.478</b>

Fonte: Adaptado de <http://sigsab.insa.gov.br/acervoDigital>

Os resultados encontrados diferem bastante entre uma região e outra, indicando aumento de cobertura vegetal no Seridó e Inhamuns, e perda nos Cariris Velhos. Em todos os casos há redução significativa da classe com menos de 25% de cobertura.

Outro aspecto interessante para avaliar nos núcleos de desertificação é a evolução do IDHM dos municípios envolvidos. Em decorrência da degradação ambiental e produtivo rural que caracterizariam esses núcleos, se esperaria um IDHM em queda. Contudo, observa-se um aumento significativo do IDHM destes municípios ao longo das três avaliações realizadas, inclusive com tendência mais acelerada do que o crescimento observado para o país no período de 2000 a 2010 (Figura 15). Em 1991, o IDHM médio dos municípios dos núcleos representava apenas 70% da média do país (0,345 contra 0,493), em 2010 subiu para 86% (0,622 contra 0,727). Esta evolução também se mostra favorável para o desenvolvimento destes municípios e núcleos.



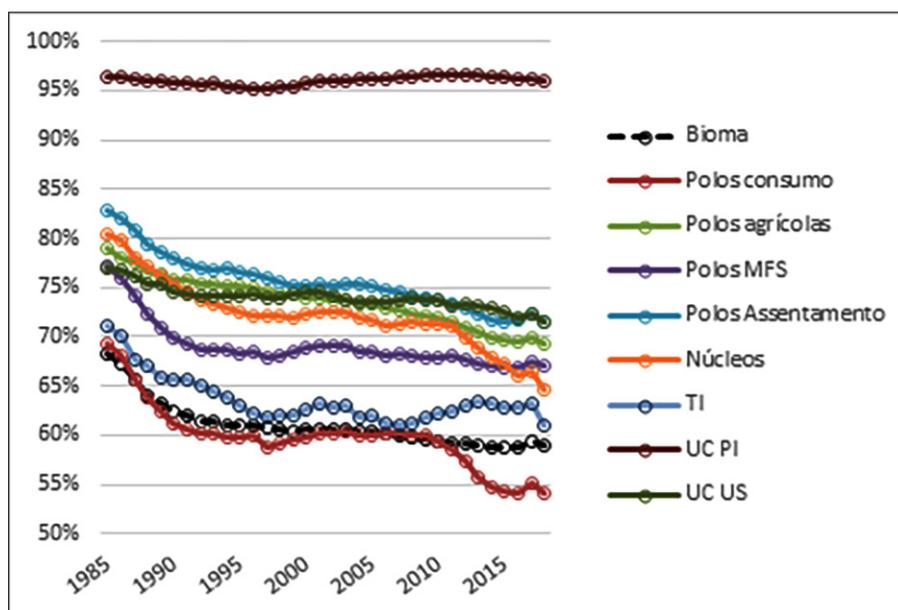
**Figura 15.** Crescimento do IDHM no Brasil e nos núcleos de desertificação.

## Comentários finais

Os vetores de intervenção humana no bioma Caatinga são diversificados e podem promover mudanças de cobertura e uso do solo, significativos ou não. Avaliar a influência da agricultura de sequeiro e do pastoreio extensivo, a partir de mapeamentos, é quase impossível, uma vez que essas ações são muito dispersas e ocorrem em um mosaico de polígonos distribuídos ao longo da paisagem. Mesmo assim, esse efeito é detectado no padrão de “*shifting agriculture*”, com áreas de perda e ganho de cobertura de vegetação nativa flutuando ao longo do período observado.

Nossa análise buscou perceber padrões gerais de dinâmicas ao longo do tempo. Ainda que cada fonte de informação tem a sua especificidade e suas limitações, observamos padrões similares entre ao menos três fontes: MapBiomas, Censos do IBGE e mapeamentos específicos (INSA).

Diversas ações antrópicas ocorrem de forma concentrada em diversos polos na região e foram detalhadas acima. A Figura 16 apresenta a dinâmica observada para o conjunto dessas ações ao longo do período de 1985 a 2018 com base nos resultados do MapBiomas.



**Figura 16.** Cobertura florestal em diferentes polos no bioma Caatinga de acordo com o MapBiomas.

Embora cada tipo de ação antrópica possa gerar impactos bem distintos sobre a manutenção da cobertura de vegetação nativa na região, as análises mostraram algumas surpresas:

- ❖ independentemente do tipo de ação antrópica, a dinâmica da cobertura de vegetação nativa nos diferentes polos apresenta um padrão muito similar ao longo dos últimos 33 anos, diferenciando apenas no patamar de percentual de cobertura em que ocorre;
- ❖ em todos os casos (apenas com exceção das UCs de Proteção Integral), a perda maior da cobertura de vegetação nativa ocorreu no período de 1985 a 1995. Também se observa uma redução após 2012, mas que provavelmente esteja ligada à seca excepcional de 2012-2016;
- ❖ inesperadamente, todos os polos com concentração de algum tipo de ação antrópica apresentam uma cobertura de vegetação nativa acima da média do bioma; apenas nos polos de consumo de biomassa florestal, a cobertura florestal foi caindo abaixo da média do bioma;
- ❖ conforme esperado, apenas as Unidades de Conservação de Proteção Integral promovem uma conservação, quase que total e constante, da cobertura da vegetação nativa ao longo do período observado. Logo, conclui-se que esta estratégia de conservação é bastante acertada neste sentido;
- ❖ as Unidades de Conservação de Uso Sustentável, apesar de todas as dificuldades de aplicação da Lei e fiscalização, apresentam uma situação favorável com manutenção da cobertura de vegetação nativa desde 1995, e o mesmo ocorre com as Terras Indígenas, ainda que em patamar mais baixo;
- ❖ os polos consumidores de biomassa florestal que concentram altas demandas principalmente por lenha, na sua maioria oriunda de vegetação nativa, não apresentaram um impacto fulminante na cobertura florestal e a sua dinâmica ao longo dos últimos 33 anos. A cobertura nesses polos segue basicamente o padrão médio do bioma como um todo. Isso pode ser devido a vários fatores:

- o período observado (33 anos) é longo o suficiente para permitir ao menos dois ciclos de regeneração da vegetação nativa, aceitando que cada ciclo seja de 15 anos. Isso sugere que as áreas exploradas para lenha não são destinadas a uso agrícola ou pastagem de forma permanente;
  - uma parte da demanda por biomassa tem sido atendida por meio de manejo florestal sustentável que entrou em cena a partir de 1995-2000;
  - outra parte desta demanda vem sendo atendida por outras fontes de biomassa (resíduos, cajueiros, algarobais etc.) a partir de 2000;
  - os raios de abastecimento são maiores do que o raio considerado para os polos (50 – 80 km), dissipando assim o impacto sobre a cobertura florestal.
- ❖ os polos agrícolas apresentam uma dinâmica variável, em geral com tendência contínua de redução da cobertura florestal. Logo, se distinguem do padrão de “shifting agriculture”. Ao contrário dos polos consumidores, existe uma retirada sistemática das florestas sem reposição ao longo do tempo, promovendo uma mudança permanente na paisagem;
  - ❖ os polos com alta incidência de Planos de Manejo Florestal apresentam uma alta cobertura (bem acima da média do bioma) com permanência ao longo dos anos, o que pode indicar que o manejo florestal sustentável promove a manutenção da cobertura florestal e da paisagem nas regiões onde é praticado de forma significativa, ou que nesses polos não existem alternativas interessantes para outros usos da terra que geram mudanças permanentes do uso do solo;
  - ❖ as áreas com concentração da reforma agrária apresentam uma redução sistemática da cobertura de vegetação nativa ao longo do período ligeiramente menor que nos polos agrícolas. Contudo, essas áreas ocorrem em locais com alta cobertura florestal, que ainda em 2018 ficava bem acima da média do bioma;
  - ❖ os núcleos de desertificação seguem o padrão geral observado no bioma e nos outros polos considerados sem ter, aparentemente, uma dinâmica menos favorável. O impacto da seca de 2012-2016 demonstrou ter sido mais significativo nesses núcleos.

As principais perdas de cobertura florestal na Caatinga ocorreram antes de 2000. Posteriormente, nenhum dos fatores considerados neste estudo teve impacto importante na cobertura, com exceção de alguns poucos casos de polos de demanda industrial por biomassa. Assim, nos últimos 10 a 15 anos, as perdas de florestas vêm sendo compensadas por ganhos ou recuperação florestal, resultando em uma situação de manutenção da cobertura.

Esperamos que as análises apresentadas possam contribuir para ampliar o entendimento e a formação de opinião de estudiosos e tomadores de decisão sobre as forças atuantes na região da Caatinga e seus impactos na dinâmica da vegetação nativa.

## Referências

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Biomassa para energia no Nordeste: atualidades e perspectivas. Brasília. PNUD. MMA. 2018. 161 p.

CASTELLETTI, C.H.M., SILVA, J.M.C., TABARELLI, M., SANTOS, A.M.M. Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar. In: Silva, J.M.C., Tabarelli, M., Fonseca, M.T., Lins, L.V. (orgs.). Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 2003. pp. 91-100.

CURTIS, P.G., SLAY, C.M., HARRIS, N.L., TYUKAVINA, A., HANSEN, M.C. Classifying drivers of global forest loss. *Science*, 361, 1108-111, 2018.

DA CUNHA, E. Os Sertões. 1902. 630p.

EVANGELISTA, A. R. S. O processo de desmatamento do bioma Caatinga: riscos e vulnerabilidades socioambientais no território de identidade do sisal, Bahia. *Revista Geográfica de América Central Número Especial EGAL*, 2011. Costa Rica. pp. 1-13.

FEARNSIDE, P. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. *Acta Amazônica*, 36(3) 2006: 395 - 400

GALINDO, I.C.L, RIBEIRO, M.R., SANTOS, M.F.A.V.S., LIMA, J.F.W.F., FERREIRA, R.F.A.L. Relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no município de Jataúba, PE. *R. Bras. Ci. Solo*, 32: 1283-1296. 2008.

GARIGLIO, M.A., SAMPAIO, E.V.S.B., CESTARO, L.A., KAGEYAMA, P.Y. (eds.) *Uso Sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da Caatinga*. Brasília. 2010. 368 p.

LOPES, C.G.R.; FERRAZ, E.M.N.; CASTRO, C.C.; LIMA, E.N.; SANTOS, J.M.F.F.; ARAÚJO, E.L. Forest succession and distance from preserved patches in the Brazilian semiarid region. *Forest Ecology and Management* 271: 115 - 123, 2012.

MMA. *Atlas das Áreas Susceptíveis à Desertificação do Brasil*. Brasília. 2007. 134 p.

MMA. *Manejo sustentável dos recursos florestais da Caatinga / Secretaria de Biodiversidade e Florestas*. Departamento de Florestas. Programa Nacional de Florestas. Unidade de Apoio do PNF no Nordeste. Natal, MMA. 2008. 28p.

PBMC/BPBES, 2018: *Potência Ambiental da Biodiversidade: um caminho inovador para o Brasil*. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas e da Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos. 1ª edição [Scarano, F.R., Santos, A.S. (Eds.)]. PBMC, COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil

PEREZ-MARIN, A.M., CAVALCANTE, A.M.B., MEDEIROS, S.S., TINÔCO, L.B.M., SALCEDO, I.H. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica? *Parceira Estratégica*. V.17, n. 34. Brasília. 2012. Pp 87-106.

PROJETO MAPBIOMAS – Coleção 4.1 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, acessado em 10.09.2020 através do link <https://plataforma.mapbiomas.org/map#coverage>

QUEIROZ F.A. Impactos da sojicultura de exportação sobre a biodiversidade do cerrado. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, 21 (2): 193-209, ago. 2009.

SANTOS, T.; FILHO, V.; ROCHA, V.; MENEZES, J. Os impactos do desmatamento e queimadas de origem antrópica sobre o clima da Amazônia brasileira: um estudo de revisão *Rev. Geogr. Acadêmica* v.11, n.2: 157 – 181. 2017.

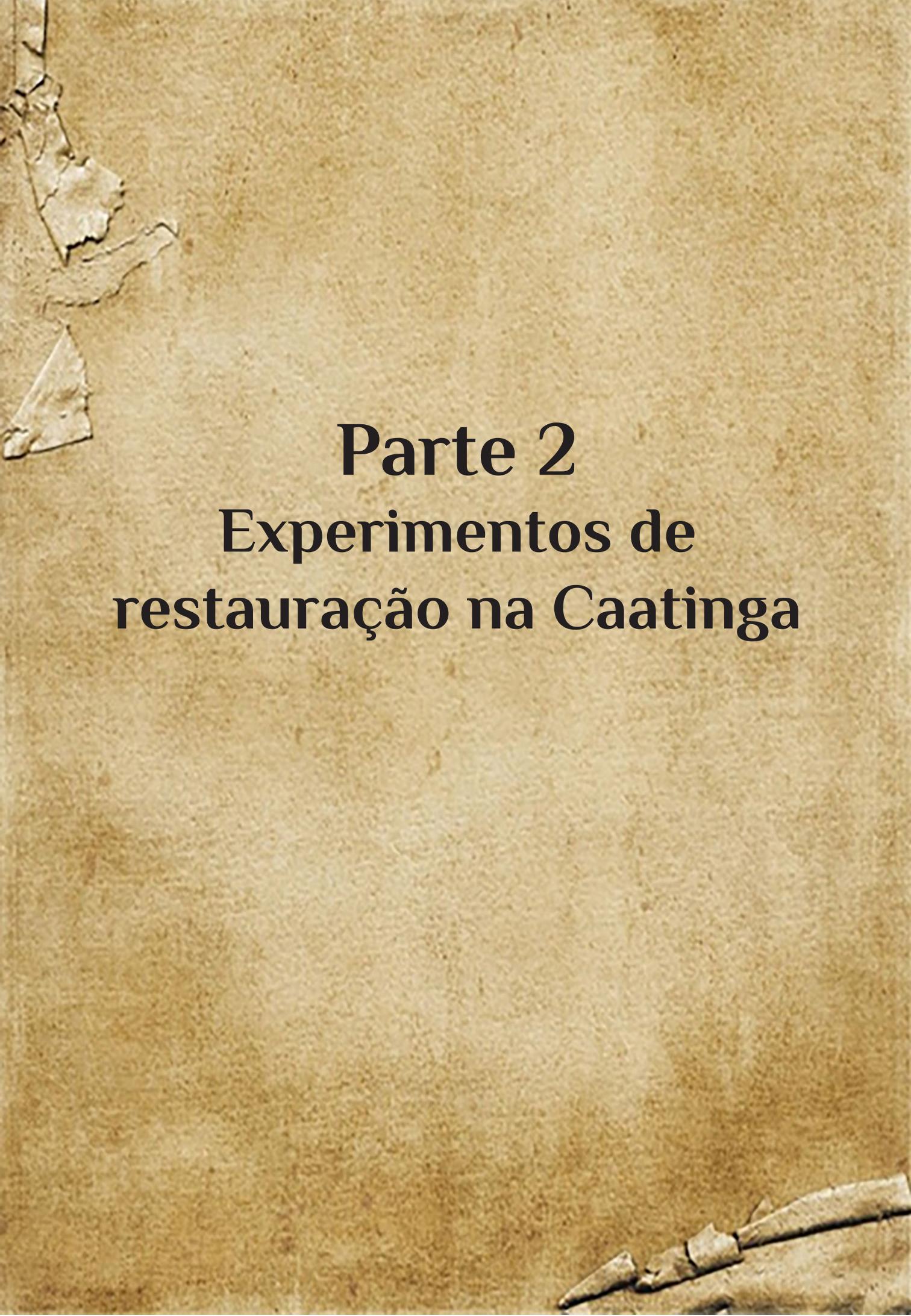
SCARANO, F.R., CEOTTO, P. Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability and adaptation to climate change. *Biodiversity and Conservation*. 2015. 24(11):2913-2916: 2319-2331.

SEDDON, A.W.R., MACIAS-FAURIA, M., LONG P.R., BENZ, D., WILLIS, K.J. Sensitivity of global terrestrial ecosystems to climate variability. *Nature*. 2016. DOI 10.1038/nature16986

SOARES, V.O. & ALMEIDA, M. O. O bioma Caatinga sob a percepção da paisagem e a dinâmica da agricultura. *Revista Geográfica de América Central*. Número Especial EGAL, Costa Rica. 2011. pp. 115.

SOUZA JR., C.M., SHIMBO, J.Z., ROSA, M.R., PARENTE, L.L., ALENCAR, A.A., RUDORFF, B.F.T., HASENACK, H. MATSUMOTO, M., FERREIRA, L.G., SOUZA-FILHO, P.W.M., OLIVEIRA, S.W., ROCHA, W.F., FONSECA, A.V., MARQUES, C.B., DINIZ, C.G., COSTA, D., MONTEIRO, D., ROSA, E.R., VÉLEZ-MARTIN, E., WEBER, E.J., LENTI, F.E.B., PATERNOST, F.F., PAREYN, F.G.C., SIQUEIRA, J.V., VIERA, J.L., FERREIRA NETO, L.C., SARAIVA, M.M., SALES, M.H., SALGADO, M.P.G., VASCONCELOS, R., GALANO, S., MESQUITA, V.V., AZEVEDO, T. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with Landsat archive and Earth Engine. *Remote Sens*. 2020, 12, 2735; doi: 10.3390/rs12172735

VASCONCELOS SOBRINHO, J. As regiões naturais do Nordeste, o meio e a civilização. Recife: Conselho de Desenvolvimento de Pernambuco-CONDEPE, 1971.

The background is a piece of aged, yellowish-brown paper with a visible fibrous texture. There are some signs of wear and tear, including a small piece of paper missing from the top left corner and a metal fastener or staple visible at the bottom right. The text is centered on the page.

**Parte 2**  
**Experimentos de**  
**restauração na Caatinga**

# 6

## Aplicação de técnicas nucleadoras na restauração de áreas degradadas no semiárido brasileiro

*Jacob Silva Souto<sup>1</sup>*

*Francisco de Assis Pereira Leonardo<sup>2</sup>*

*Patrícia Carneiro Souto<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Doutor, Professor da Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, *Campus* de Patos/PB

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor, Bolsista PNPB / CAPES / UFCG / Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, *Campus* de Patos/PB

<sup>3</sup> Doutora, Professora da Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal, *Campus* de Patos/PB.

### Introdução

A Caatinga ocupa uma área estimada de 844.453 quilômetros quadrados, o equivalente a 11% do território brasileiro, segundo dados do Ministério do Meio Ambiente. Engloba os estados da região Nordeste e do norte de Minas Gerais. Nesta área vive cerca de 27 milhões de pessoas, a maioria carente e dependente dos recursos do bioma para sobreviver. A Caatinga tem um imenso potencial para a conservação de serviços ambientais, uso sustentável e bioprospecção que, se bem explorado, será decisivo para o desenvolvimento da região e do país.

A conservação da Caatinga está intimamente associada ao combate à desertificação, processo de degradação ambiental que ocorre em áreas áridas, semiáridas e sub-úmidas secas. No Brasil, 62% das áreas susceptíveis à desertificação estão em zonas originalmente ocupadas por Caatinga, sendo que muitas já estão bastante alteradas.

Denota-se, portanto, que a pressão de uso sobre a Caatinga é crescente, levando à redução de áreas cobertas com vegetação nativa e gerando a necessidade de estabelecimento de estudos ambientais para restauração das áreas degradadas. Poucos estudos têm descrito os reais processos de degradação em florestas tropicais secas, a exemplo da Caatinga. A implantação de técnicas de restauração em áreas onde a escassez de água é um fator limitante torna-se um desafio a ser enfrentado. Aliado a isto, temos outros fatores que podem tornar mais difícil esse trabalho: as altas insolações

ocorrentes durante quase todo o ano e, o tipo de solo predominante na região, que na maioria das vezes são rasos, pedregosos e com baixos teores de matéria orgânica.

## **A degradação ambiental no semiárido brasileiro: histórico do uso da terra**

Compreender a história dos processos de perturbação e de degradação no bioma Caatinga é essencial para o sucesso de projetos de restauração.

Alterações na Caatinga tiveram início com o processo de colonização do Brasil, a partir das sesmarias, inicialmente como consequência da pecuária bovina, associada às práticas agrícolas rudimentares, fazendo uso do desmatamento e das queimadas. Ao longo do tempo, outras formas de uso da terra no semiárido brasileiro foram adotadas, a exemplo da diversificação da agricultura e da pecuária, com a inserção dos caprinos e ovinos, aumento da extração de lenha para fins madeireiros, produção de carvão e uso em cerâmicas, olarias e panificadoras, dentre outros.

Atualmente, é cada vez maior o interesse em se conhecer o funcionamento dos ecossistemas naturais no que se refere ao equilíbrio em longo prazo, que depende em grande parte da ciclagem de nutrientes. O crescente processo de degradação através de ações antrópicas descontroladas contribui para um processo de decadência dos ecossistemas florestais, resultando na redução dessas áreas e, conseqüentemente, na fragmentação do ecossistema (Souto 2006).

As ações antrópicas têm sido imperativas em relação ao meio natural, com o homem enfrentando grandes desafios referentes à capacidade limitada dos ecossistemas em sustentar o atual nível de consumo material decorrente das atividades econômicas e crescimento populacional (Cidin & Silva 2004). Os resultados deste acelerado crescimento são inúmeros prejuízos para o meio ambiente e, conseqüentemente, para a população humana. Dentre eles podem ser citados: (i) perda de biodiversidade; (ii) extinção de espécies da fauna e flora; (iii) erosão genética; (iv) degradação do solo; (v) assoreamento de rios; (vi) mudanças climáticas. A perda da biodiversidade, principalmente nas áreas tropicais, onde se encontram seus valores mais significativos, preocupa a comunidade científica (Young 2000).

Diante desse cenário, Ferreira & Dias (2004) afirmam que a utilização dos recursos naturais pelo ser humano tem sido questionada no meio científico, em função, principalmente, da maior conscientização ambiental da sociedade e do aprimoramento da legislação pertinente. Isso torna crescente a ideia da conservação dos ecossistemas naturais e da restauração dos ecossistemas degradados pelo homem.

## **Restauração ecológica e conservação biológica**

De acordo com a SER - Sociedade de Restauração Ecológica Internacional, a restauração ecológica é “o processo de auxiliar a recuperação de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído”. Dentre as causas de degradação, a ação direta ou indireta do homem é o principal fator degradador.

O intuito da restauração ecológica é manejar o ambiente degradado de forma que as florestas restauradas exerçam, gradualmente e o mais próximo possível, as funções ambientais desempenhadas pelas florestas não degradadas, tais como a proteção de nascentes e cursos d'água, a preservação de encostas e, principalmente, a interligação dos fragmentos remanescentes na paisagem (Isernhagen et al. 2009).

Informações registradas em estudos sobre regeneração natural em áreas revegetadas (Souza & Batista 2004) corroboram o entendimento de que a proximidade com remanescentes florestais que atuem como fontes de propágulos, aliada à ocorrência de agentes polinizadores e dispersores, configuram fatores preponderantes para o êxito, a longo prazo, das atividades de revegetação. Características locais determinadas pelo solo, umidade, luminosidade e composição de espécies deverão selecionar as espécies da regeneração natural (Choi 2004).

Para a ativação dos processos ecológicos da restauração é fundamental a avaliação ao longo do ano da disponibilidade dos recursos vegetais para a fauna. Neste sentido, a fenologia contribui para o entendimento da regeneração e reprodução das plantas, da organização temporal dos recursos dentro das comunidades, das interações planta-animal e da evolução da história de vida dos animais que dependem das plantas para alimentação, como herbívoros, polinizadores e dispersores de sementes (Talora & Morellato 2000).

### **A importância do banco de sementes na restauração ecológica**

O termo banco de semente do solo foi utilizado por Roberts (1981) para designar o reservatório viável de sementes atual em uma determinada área de solo. Trata-se de um depósito de elevada densidade de sementes em estado de latência presentes no solo até as camadas mais profundas e associadas com a serapilheira.

De acordo com Vieira (2004), o banco de sementes representa uma importante maneira de regeneração natural do ecossistema, pela presença de sementes nativas pioneiras capazes de germinar e produzir mudas viáveis que proporcionem uma rápida cobertura do solo e dar início ao processo sucessional. Pode-se verificar o oposto, ou seja, a perda total de resiliência do ecossistema pela ausência de banco de sementes ou presença de espécies exóticas que alterem a paisagem natural.

A utilização do banco de sementes no solo é benéfica na recuperação de áreas em processo de degradação, proporcionando vantagens, dentre elas a possibilidade de restabelecer no local degradado um ecossistema que se assemelha ao original, principalmente pelas espécies contidas antes da sua perturbação. Outro benefício da utilização deste material, é que a serapilheira e o banco de sementes do solo podem ser retirados da própria área a ser impactada ou de áreas remanescentes próximas, o que torna o processo de revegetação eficaz e menos oneroso.

Segundo Ferreira (2013), em ambientes mais preservados da Caatinga e em áreas em estágio de regeneração mais avançado existe uma maior riqueza na composição florística, sendo mais uniforme quanto ao número de indivíduos, o que pode ser

demonstrado pelos valores do índice de Shannon-Weaver, tanto no compartimento solo como na serapilheira (Tabela 1).

**Tabela 1** - Índices de diversidade de Shannon-Weaver ( $H'$ ) e Uniformidade de Pielou ( $J'$ ) das espécies presentes no banco de sementes (solo e serapilheira) em diferentes estágios de regeneração natural em área de Caatinga no município de Várzea, PB.

Áreas	$H'$		$J'$	
	Solo	Serapilheira	Solo	Serapilheira
PN	2,74	1,15	0,74	0,33
EIR	2,92	2,52	0,74	0,72
EMR	3,29	2,52	0,81	0,77
EVR	3,34	2,26	0,81	0,58

\*PN = pastagem nativa; PIR = estágio inicial de regeneração; EMR = estágio médio de regeneração; EVR = estágio avançado de regeneração.

O banco de sementes no solo é um dos mecanismos mais simples e eficientes que contribuem na condução da regeneração natural em ecossistemas florestais. O sucesso de um banco de sementes depende da densidade de sementes prontas para germinar quando a reposição de uma planta é necessária e quando as condições ambientais para o estabelecimento são favoráveis (Carvalho & Favoretto 1995).

### O papel das aves e répteis na restauração ecológica

O sucesso no processo de restauração e manutenção da dinâmica de um ecossistema é extremamente dependente da capacidade das espécies em promover interações interespecíficas. Nesse contexto, a interação fauna-flora cria um cenário favorável à restauração de áreas degradadas, haja vista que a polinização das flores e a dispersão das sementes são as duas interações mais importantes entre animais e plantas (Reis & Kageyama 2003).

A fauna faz parte do ecossistema florestal e possui papel fundamental na manutenção do equilíbrio de uma floresta tropical, atuando principalmente nos processos de polinização e dispersão de sementes. No processo de restauração há a ausência ou redução da quantidade dos agentes polinizadores e dispersores, portanto, reduzindo a possibilidade de regeneração daquelas espécies que normalmente habitam no ecossistema em equilíbrio.

A perda da resiliência da floresta em áreas degradadas ocorre por diversos motivos, dentre eles a distância da fonte de sementes, ausência de dispersores, tamanho dos diásporos, predação de sementes, competição com gramíneas, ocorrência de incêndios, limitações microclimáticas e de solo, as quais influenciam no crescimento das plantas e perda do banco de sementes nativas outrora presente no solo (Griscom et al. 2009).

A criação de condições de abrigo e refúgio para a fauna pode facilitar a permanência desta em determinada área e catalisar os processos de restauração através da dispersão de sementes oriundas de diferentes locais, aporte de matéria orgânica e aumento da biodiversidade local (Tienne et al. 2005).

As aves são reconhecidas como importantes agentes polinizadores e dispersores de espécies vegetais (Pizo 2004) e alguns fatores e características do grupo facilitam a sua utilização em trabalhos visando à restauração ecológica. Dentre estes fatores, destacam-se o hábito diurno da grande maioria das espécies (incluindo-se todas as de maior interesse à restauração ecológica), aliado à maior facilidade de detecção das mesmas em relação a outros grupos, possibilitando identificação visual ou por meio das manifestações sonoras; a capacidade de voo, permitindo dispersão das sementes para outras áreas (Machado et al. 2006); e ainda a grande riqueza e diversidade do grupo no Brasil (SICK 1997).

Assim como em outros ecossistemas, as espécies arbóreas da Caatinga também necessitam de agentes dispersores para transportarem as sementes dos fragmentos de floresta às áreas degradadas. Neste sentido, as aves e os répteis apresentam papel fundamental para que as sementes das árvores dos fragmentos de floresta preservada possam promover o processo de regeneração em área degradada ou em processo de restauração.

### **Avaliação de técnicas nucleadoras no semiárido brasileiro**

O termo nucleação foi proposto inicialmente por Yarranton & Morrison (1974), ao constatarem que espécies arbóreas pioneiras ao ocuparem áreas em processo de formação de solo geraram pequenos agregados de outras espécies ao seu redor (núcleos), que ao se expandirem e se conectarem entre si, proporcionaram uma rápida cobertura do solo, acelerando, a sucessão florestal. As técnicas de nucleação, segundo Reis et al. (2003), estão baseadas na influência que determinadas espécies exercem no ambiente, melhorando a qualidade deste e possibilitando a entrada de organismos mais exigentes no processo de sucessão vegetal.

Reis & Tres (2007) consideram que o objetivo da nucleação é disparar gatilhos ecológicos no processo de regeneração natural. Segundo os autores, os núcleos são elementos capazes de formar novas populações, novos nichos de regeneração e gerar conectividade na paisagem.

São vários os modelos nucleadores utilizados em áreas em processo de restauração, podendo alguns apresentar baixo custo e serem de fácil manuseio. Apresentaremos alguns modelos aplicados no semiárido da Paraíba e que têm se mostrado eficientes, a exemplo dos poleiros artificiais, transposição de galhadas, transposição de solo e a técnica “bocaj”.

## - Poleiros artificiais

Esta técnica consiste na utilização de estruturas de madeira que servirão para o pouso de aves e morcegos, animais que trazem grande quantidade de sementes das áreas naturais remanescentes na região, podendo promover desta forma a conectividade entre as áreas (Reis et al. 2003).

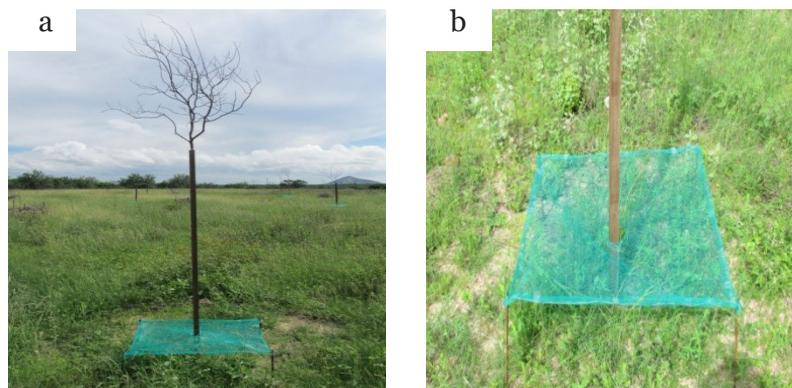
Na Caatinga, em pesquisas realizadas por Souto et al. (2012), utilizou-se espécies nativas da região com o intuito de propiciar estruturas que sirvam de pouso para os agentes dispersores de sementes. Os poleiros foram confeccionados de forma rústica, com três ou mais varas de marmeleiro (*Croton blanchetianus*) com aproximadamente 2,0 m de comprimento, de maneira a formar uma estrutura de pouso em galhada, imitando uma copa de árvore sem folhas (Figura 1).

A utilização desses poleiros proporcionou o pouso de aves, principalmente da família *Columbidae*, representada pela rolinha cascavel (*Columbina squammata* Lesson) e a rolinha branca (*Columbina picui* Temminck). Essas aves tem preferência por locais abertos, são consideradas granívoras, pois se alimentam de sementes, podendo migrar para outras localidades em busca de alimento.

Procurando aperfeiçoar um modelo de poleiro mais adequado para as condições do semiárido brasileiro, confeccionamos poleiro utilizando uma haste de madeira serrada (barrote) com aproximadamente 2,0 m de altura, adequando um galho de marmeleiro (espécie nativa abundante na região) na parte superior do barrote, sendo o poleiro fixado ao chão simulando uma árvore seca (Figura 2a). Para coleta do material depositado pelas aves, instalou-se um coletor feito de tela de náilon apresentando 1,0 m<sup>2</sup> de área e suspenso a 50,0 cm de altura do solo (Figura 2b).



**Figura 1.** Poleiro artificial confeccionado com varas de marmeleiro (Foto: SOUTO JS, 2014).



**Figura 2.** Modelo de poleiro artificial usando barrote de madeira (A) e detalhe de rede coletora de excreta de aves e sementes, usado em área degradada no semiárido da Paraíba (Foto: SOUTO JS, 2015).

Neste tipo de poleiro tem-se observado um alto índice de visitação de aves (Figura 3), atraindo dispersores de sementes e aumentando a entrada de propágulos vegetais, contribuindo, segundo Guedes et al. (1997), para a interação entre as comunidades vegetal e animal. *Columbina squammata* foi a espécie mais frequentemente observada pousando nos poleiros. No entanto, sempre era observada a presença de *Paroaria dominicana* (galo de campina), *Pitangus sulphuratus* (bem-te-vi), entre outros.



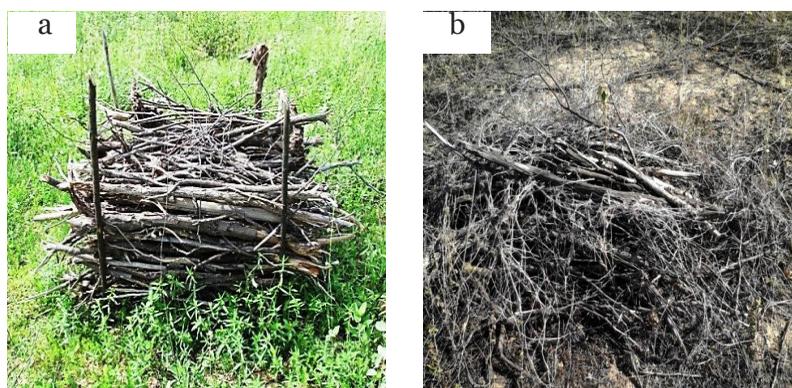
**Figura 3.** Espécies de aves visitando poleiros artificiais instalados em área em processo de restauração no semiárido da Paraíba (Foto: SOUTO JS, 2015).

### - Transposição de galhadas

Esta técnica busca conciliar o uso dos resíduos vegetais (galhos) existentes em área de Caatinga próxima a área que se pretende restaurar, provenientes da queda natural das árvores, e a preparação da área para a sua implantação. É constituído exclusivamente de material orgânico, por si só é de excelente uso e de custo baixíssimo. Nessa técnica os galhos são agrupados, formando núcleos de biodiversidade para o processo da recuperação, servindo de abrigo e gerando microclima apropriado a diversos animais. Roedores, cobras e avifauna podem, ainda, utilizá-los para alimentação devido à presença de insetos.

Na Caatinga, principalmente, ou em outros ambientes, as galhadas proporcionam um ambiente sombreado, diminuindo a incidência direta dos raios solares, tornando um local propício para abrigo de pequenos animais; além disso, no período chuvoso esse microclima proporciona condições favoráveis para a germinação de sementes trazidas pelos animais que a visitaram e para o desenvolvimento de algumas plantas.

Nas condições do semiárido da Paraíba, no Núcleo de Desertificação do Seridó, há mais de 08 anos foram instalados experimentos com o uso de transposição de galhadas (Figura 4) e outras técnicas nucleadoras. Estas galhadas, dispostas em uma estrutura de 1,0 m (altura) x 1,0 m (largura) x 1,0 m (comprimento) foram instaladas em área com elevado estágio de degradação onde a presença de indivíduos arbóreos era inexistente.



**Figura 4.** Disposição de galhadas em área degradada no semiárido da Paraíba (a) e galhada em processo de decomposição após 01 ano da instalação (b) (Foto: SOUTO JS, 2013).

Em pesquisa desenvolvida por Silveira (2013), verificou-se a redução na altura das galhadas com o passar do tempo. Inicialmente, com uma altura de 1,0 m (Figura 4a), as estruturas foram reduzidas para altura média de 0,40 m (Figura 4b). Lagartixas, preás e outros répteis foram observados nas galhadas montadas na área experimental, indicando a presença de insetos no local, o que demonstra a funcionalidade desta técnica na restauração de áreas degradadas.

Resultados bastante animadores (Silveira 2013) na restauração ecológica de áreas degradadas no semiárido brasileiro também foram obtidos com a instalação das galhadas, pois estas proporcionaram condições para abrigos de aves e construção de ninhos para reprodução da espécie (Figura 5).



**Figura 5.** Presença de ninhos em galhadas (a) e, no detalhe, crescimento de planta de faveleira (*Cnidoscylus quercifolius*) em área coberta por galhadas (b) (Foto: SOUTO JS, 2013).

### - Transposição de solo

Durante processos de degradação, o solo sofre profundas modificações quanto aos seus atributos químicos, biológicos e físicos, sendo a perda de matéria orgânica a principal consequência da degradação, retardando o processo sucessional (Reis et al. 2003).

A transposição de solo como agente nucleador, além de barata, é uma técnica simples de proceder e tem a vantagem de recompor o solo degradado, não somente com sementes, mas com propágulos e grande diversidade de micro, meso e macrofauna do solo, capazes de dar um novo ritmo sucessional ao ambiente. Para a aplicação desta técnica, Reis et al. (2003) afirmam que deve-se utilizar camadas de solo de áreas próximas a área que se quer restaurar buscando refazer a paisagem original. Estas camadas de solo devem conter sementes de espécies das mais variadas formas de vida (herbáceas, arbustivas, arbóreas, lianas) e de diferentes estádios sucessionais.

Uma grande vantagem dessa técnica, é que o material genético utilizado apresenta uma grande heterogeneidade, sendo uma excelente maneira de incorporar vida vegetal e animal permitindo a formação de nichos de regeneração e colonização. É indispensável que os fragmentos de solos vizinhos à área que está degradada estejam representados na amostra (cerca de 1m<sup>2</sup> de solo e 10 cm de profundidade), para que seja criada na área uma nova condição através da combinação desse material (Tres et al. 2007).

### - Técnica “bocaj”

Essa técnica consiste na introdução do banco de sementes (solo + serapilheira) em covas com 0,20 m de profundidade e 0,15 m de diâmetro (Figura 6), não sendo necessária a irrigação das mudas, cujo objetivo é restaurar áreas que estejam em processo de degradação, utilizando o banco de sementes de espécies nativas disponíveis nas proximidades da área em estudo (Souto et al., 2012).

Pinto (2014) desenvolveu trabalho no semiárido da Paraíba utilizando o banco de sementes obtido sob a copa de quatro espécies arbóreas: mofumbo (*Combretum leprosum* Mart. & Eicher), catingueira (*Poincianella pyramidalis* Tul.), umburana (*Commiphora leptophloeos* Mart.), jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd) Poiret) e, a mistura entre os bancos de sementes das quatro espécies anteriormente citadas. Verificou o autor que o banco de sementes oriundo do banco de sementes que se encontrava sob da copa da catingueira, jurema-preta, mofumbo e a mistura dos bancos de sementes das espécies selecionadas mostrou-se promissor para o enriquecimento da área que se pretendia restaurar (Tabela 2).



**Figura 6.** Etapas para instalação da técnica “bocaj” no campo: coleta do banco de sementes (a), banco de sementes disposto na área experimental (b), distribuição do banco de sementes nas covas (c) e cova preenchida com material proveniente do banco de sementes (d) (Foto: SOUTO JS, 2013).

Das espécies estudadas, as sementes de faveleira foram as únicas a germinar em todos os tratamentos aplicados (Tabela 2). No entanto, quando se observa *Mimosa tenuiflora* (jurema-preta), verifica-se que apenas uma semente germinou. Vale ressaltar que esta espécie produz muitas sementes que, provavelmente, perdem a viabilidade muito rápido ou são consumidas, principalmente por pássaros e outros animais.

**Tabela 2.** Número de plântulas que germinaram após a instalação do experimento, por tratamento aplicado, utilizando a técnica “bocaj”, em Várzea (PB).

Espécies	Tratamentos					T
	BS* Catingueira	BS Jurema	BS Mofumbo	BS Umburana	BS Mistura	
<i>Cnidoscolus quercifolius</i>	10	12	12	4	9	47
<i>Jatropha curcas</i>	6	1	2	0	5	14
<i>Calotropis procera</i>	1	0	0	0	0	1
<i>Mimosa tenuiflora</i>	0	1	0	0	0	1
Não identificado	0	0	0	0	1	1
<b>Total</b>	17	14	14	4	15	64

\*BS = Banco de sementes; T = total

## A importância do etnoconhecimento na restauração ecológica

Os conhecimentos adquiridos junto aos agricultores podem ajudar muito na restauração de uma área que está em estágio avançado de degradação. É que eles, conhecedores profundos da Caatinga em suas terras, conhecem quais as espécies que melhor se adaptam a uma determinada área, facilitando, dessa maneira, o trabalho feito por pesquisadores da área de restauração, indicando as mais apropriadas para aquela situação.

A capacidade nucleadora de indivíduos arbóreos frutíferos dentro da área que se pretende restaurar após o uso pela agricultura, como foi o caso do cultivo do algodão no século XX, facilita a atração da avifauna que se vale dessa situação para sua própria proteção, repouso e alimento.

Um exemplo típico de planta que pode ser considerada atrativa para as condições do semiárido brasileiro é o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* L.). Seus frutos, na planta ou caídos ao solo, são bastante apreciados por animais. Vê-se, portanto, que é de fundamental importância se conhecer as interrelações existentes entre plantas e animais envolvidos, e se valer delas para estabelecer um processo contínuo de regeneração, que pode autossustentar-se (Reis et al. 1999), proporcionando a resiliência ambiental.

## Considerações finais

As informações e os dados mostrados em trabalhos desenvolvidos no semiárido da Paraíba mostram que a restauração de áreas degradadas com o uso de técnicas nucleadoras proporciona o início do processo de formação de uma nova comunidade florestal com reestruturação do solo através de maior aporte de matéria orgânica,

infiltração da água no solo e da manifestação de uma vegetação com diversificação de formas de vida e de síndromes de dispersão.

A atuação dos pássaros é extremamente importante, haja vista que atuam como dispersores de sementes, pois, a ausência de conectividade impede a visitação de outras espécies da fauna e, conseqüentemente, o fluxo gênico entre eles e as florestas de borda.

## Referências

CARVALHO PCF, FAVORETTO V. 1995. Impacto das reservas de sementes no solo sobre a dinâmica populacional das pastagens. **Informativo Abrates** 5: 87-108.

CHOI YD. 2004. Theories for ecological restoration in changing environment: toward “futuristic” restoration. **Ecological Research** 19: 75-81.

CIDIN RCPJ, SILVA RS. 2004. Pegada ecológica: instrumento de avaliação dos impactos antrópicos no meio natural. **Estudos Geográficos** 2: 43-45.

CIDIN RCPJ, SILVA RS. 2004. Pegada ecológica: instrumento de avaliação dos impactos antrópicos no meio natural. **Estudos Geográficos** 2: 43-45.

FERREIRA CD. 2013. **Florística e fitossociologia do banco de sementes em área de Caatinga no Núcleo de Desertificação do Seridó, na Paraíba**. 2013. Dissertação. Universidade Federal de Campina Grande, Brasil.

FERREIRA DAC, DIAS HCT. 2004. Situação atual da mata ciliar do ribeirão São Bartolomeu em Viçosa, MG. **Revista Árvore** 28: 617-623.

GRISCOM HP, GRISCOM BW, ASHTON MS. 2009. Forest Regeneration from Pasture in the Dry Tropics of Panama: Effects of Cattle, Exotic Grass, and Forested Riparia. **Restoration Ecology**, 17: 117–126.

GRISCOM HP, GRISCOM BW, ASHTON MS. 2009. Forest Regeneration from Pasture in the Dry Tropics of Panama: Effects of Cattle, Exotic Grass, and Forested Riparia. **Restoration Ecology**, 17: 117–126.

GUEDES MC, MELO VA, GRIFFITH JJ. 1997. Uso de poleiros artificiais e ilhas de vegetação por aves dispersoras de sementes. **Ararajuba** 5: 229-232.

ISERNHAGEN I, BRANCALION PHS, GANDOLFI S, RODRIGUES RR. 2009. Abandono da cópia de um modelo de floresta madura e foco na restauração dos processos ecológicos responsáveis pela reconstrução de uma floresta (fase atual). **In: Rodrigues, R.R.; Brancalion, P.H.S.; Isernhagen, I. (Orgs.). Pacto pela restauração da mata atlântica: Referencial dos conceitos e ações de restauração florestal.**

MACHADO ELM, GONZAGA APD, MACEDO RLG, VENTURIN N, GOMES JE. 2006. Importância da avifauna em programas de recuperação de área degradadas. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal** 4.

PINTO MGC. 2014. **Avaliação da técnica nucleadora “bocaj” na restauração de áreas degradadas no Seridó da Paraíba**. Monografia Graduação, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil.

PIZO MA. 2004. Frugivory and habitat use by fruit-eating birds in a fragmented landscape of southeast Brazil. **Ornitologia Neotropical** 15: 117-126.

REIS A, ZAMBORIM RM, NAKAZONO EM. 1999. Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal. **Cadernos da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica**.

REIS A, KAGEYAMA PY. 2003. Restauração de áreas degradadas utilizando interações interespecíficas. In: Kageyama PY, Oliveira RE, Moraes LFD, Engel VL, Gandara FB. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: FEPAF**.

REIS A, BECHARA FC, ESPÍNDOLA MB, VIEIRA NK, SOUZA LL. 2003. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. **Natureza & Conservação** 1: 28-36.

REIS A, TRES DR. 2007. Nucleação: integração das comunidades naturais com a paisagem. In: Fundação Cargill, (Ed.) **Manejo ambiental e restauração de áreas degradadas**. São Paulo: Cargill.

ROBERTS HA. 1981. Seed banks in the soil. In: **Advances in Applied Biology**.

SICK H. 1997. **Ornitologia brasileira**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira.

SILVEIRA LP. 2013. **Avaliação de algumas técnicas de nucleação em área degradada no Seridó da Paraíba**. Monografia Universidade Federal de Campina Grande, Brasil.

SOUTO PC. 2006. **Acumulação e decomposição da serapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de Caatinga na Paraíba – Brasil**. Tese. Universidade Federal da Paraíba, Brasil.

SOUTO JS, SILVEIRA LP, SOUTO PC, DAMASCENO MM, MAIOR JUNIOR SGS. 2012. Nucleating technique used for ecological restoration in the semiarid region of Brazil. **The 8 th European Conference on Ecological Restoration**. České Budějovice, Czech Republic.

SOUZA FM, BATISTA JLF. 2004. Restoration of seasonal semideciduous forests in Brazil: influence of age and restoration design on forest structure. **Forest Ecology and Management** 191: 185-200.

TALORA DC, MORELLATO PC. 2000. “Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil”. **Revista Brasileira de Botânica** 23: 13-26.

TIENNE L, CORTINES E, BIANQUINI LA, VALCARCEL R, PAYOLLA BL, BOCHNER JK. 2005. Uso de matacões como abrigo de fauna para a catalisação dos processos de regeneração espontânea em áreas de degradadas na Amazônia. In: **Congresso Latino Americano**, Curitiba.

TRES DR, SANT’ANNA CS, BASSO S, LANGA R, RIBAS JR U, REIS A. 2007. Poleiros Artificiais e Transposição de Solo para a Restauração Nucleadora em Áreas Ciliares. **Revista Brasileira de Biociências** 5: 312-314.

VIEIRA NK. 2004. **O papel do banco de sementes na restauração de restinga sob talhão de *Pinus elliottii* Engelm.** Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal), Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 75 f.

YARRANTON GA, MORRISON RG. 1974. Spatial dynamics of a primary succession: nucleation. **Journal of Ecology** 62: 417-428.

YOUNG TP. 2000. Restoration ecology and conservation biology. **Biological Conservation** 92: 73-82.

# 7

## Crescimento de espécies arbóreas utilizadas na recuperação de áreas degradadas na Caatinga

*Renato Nunes Costa<sup>1</sup>*

*Dayane Mércia Ribeiro Silva<sup>1</sup>*

*Jania Claudia Camilo dos Santos<sup>1</sup>*

*Lennon Kledson dos Santos Silva<sup>1</sup>*

*Shirley Pricila Vasconcelos Barbosa<sup>1</sup>*

*Saymon Acchile Santos<sup>2</sup>*

*José Vieira Silva<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Agricultura e Ambiente, Universidade Federal de Alagoas. Av. Manoel Severino Barbosa, s/n, Bom Sucesso, CEP 57309-005. Arapiraca/AL, Brasil. renatonunes12@hotmail.com; dayannemercia@hotmail.com; janya-claudia@hotmail.com; kledson.lennon@hotmail.com; pricila\_pvb@hotmail.com.

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Proteção de Plantas, Universidade Federal de Alagoas, *Campus* Delza Gitai. Rio Largo - AL, Brasil. saymonufal@gmail.com.

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, Dr<sup>o.</sup>, Professor do Programa de Pós-graduação em Agricultura e Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, Av. Manoel Severino Barbosa, s/n, Bom Sucesso, CEP 57309-005, Arapiraca/AL, Brasil. jovisi@yahoo.com.br

### Introdução

Em relação às regiões secas do mundo, a região de Caatinga do Nordeste Brasileiro é uma das mais densamente povoadas. Esta característica exerce uma pressão muito forte por recursos naturais, o que contribui de forma acentuada para o processo de degradação do bioma como um todo. Independente do contexto atual de globalização, o ser humano tem buscado incessantemente melhores condições de vida, com consequências extremamente negativas ao ambiente. A ação antrópica observada nos biomas, tais como a atividade agropecuária, o extrativismo vegetal e mineral e a construção civil têm acarretado uma forte supressão da vegetação nativa e, conseqüentemente, a degradação dos solos (LIMA, 2004; TAVARES et al., 2008).

Áreas degradadas apresentam inúmeras limitações que costumam inviabilizar a atividade florestal, como redução na matéria orgânica do solo e deficiência hídrica, que é principalmente limitante em zonas áridas e semiáridas (PONTES FILHO et al.

2018). Dentro desse contexto, observa-se a Caatinga como um bioma ameaçado, já que o extrativismo inadequado da sua flora é crescente (KILL et al., 2010; MMA, 2010).

A Caatinga é o bioma característico do semiárido brasileiro, abrange a maior parte da região Nordeste do país e contorna o domínio da Mata Atlântica a leste e o Cerrado a oeste e sul, que apresentam alta diversidade florística (SILVA et al., 2019). Entretanto, o extrativismo de forma irregular tem causado a extinção de algumas espécies, bem como a degradação de seus solos (BRASIL, 2010; SIQUEIRA-FILHO et al., 2012). Assim, há a necessidade de recuperação destas áreas, da conscientização por parte de quem extrai os recursos naturais deste bioma, o que torna essencial intervenções por meio de pesquisa e extensão voltadas a preservação, recuperação e extrativismo sustentável dos recursos presentes na Caatinga.

O processo de recuperação em áreas degradadas requer o conhecimento prévio sobre a situação real da degradação em que a área se encontra no que se refere à extensão e à intensidade. Muito se houve falar a respeito dos perigos ocasionados pela ação antrópica na natureza, no entanto, pouco se sabe sobre a que distância os cidadãos estão posicionados diante do problema, o que pode ser feito para evitar danos ao meio e recuperar uma área já em degradação, além de quais são os estudos pertinentes ao início da recuperação. Dessa forma, fica evidente a necessidade de se conhecer melhor a região a fim de verificar possíveis pontos ameaçados de degradação pela exploração humana.

Uma técnica bastante utilizada no processo de recuperação de áreas degradadas é a restauração florestal. E para maior promoção do sucesso dessa técnica, espécies endêmicas da Caatinga estão sendo estudadas através do site Flora do Brasil (FLORA DO BRASIL, 2020), usando filtros de busca de espécies endêmicas do Bioma (SILVA et al., 2019).

De fato, é possível selecionar espécies para recuperação de áreas degradadas baseadas em sua forma de vida e adaptação ambiental. Vale salientar que são necessários vários critérios para seleção de espécies para reflorestamento, uma vez que estas espécies devem apresentar características peculiares à região. Dentre algumas espécies adaptadas à região, podemos considerar as seguintes: *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong, *Poincianella pyramidalis* Tul., *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos, *Syagrus coronata* (Mart.) Beccari. e *Bauhinia forficata* Link.

A espécie *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong é uma planta pioneira conhecida popularmente como Tamboril, Portimburi, Timbaúva, Orelha-de-macaco, Orelha-de-negro, dentre outros. Pertencente à família Fabaceae e é amplamente distribuída pelo país, desde a região Amazônica até o Sul (LORENZI, 2009; LIMA e al., 2010). Trata-se de uma espécie recomendada para reflorestamentos e recuperação ambiental, pois a dispersão de suas sementes por roedores como pacas e cutias facilita sua disseminação (CARVALHO, 2003).

A *P. pyramidalis* Tul. pertence à família Fabaceae sendo vulgarmente conhecida como Catingueira. Apresenta elevado potencial econômico devido as suas propriedades medicinais e madeiras que intensificou sua exploração massiva e atual necessidade de estratégias para multiplicação, gestão sustentável e conservação (OLIVEIRA, 1976; COSTA JÚNIOR et al., 2014). Dessa maneira, é crucial o estudo da sua germinação e dos seus processos fisiológicos visando facilitar o manejo e produção de mudas.

A espécie *H. impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos, popularmente conhecido como ipê-roxo, pertence à família Bignoniaceae, encontrado praticamente em todas as regiões do Brasil (BORBA FILHO & PEREZ, 2009). Essa espécie produz uma grande quantidade sementes aladas, com curto período de viabilidade de germinação em condições naturais (PIÑA-RODRIGUES & PIRATELLI, 1993; LORENZI, 2000). A elevada importância econômica desta espécie se deve a sua ampla gama de utilização, como aproveitamento madeireiro, medicinal e ornamental, bem como sua utilização na arborização urbana e na recomposição vegetal de áreas degradadas (POTT & POTT, 1994; LORENZI, 2000).

A espécie *S. coronata* (Martius) Beccari (Arecaceae), conhecida também como Ouricuri, Licuri, Aricurí, Licurizeiro e Coqueiro-cabeçudo (DRUMOND, 2007), é considerada uma das palmeiras mais importantes da região semiárida brasileira pela contribuição ecológica aos ecossistemas de Caatinga e por sua importância cultural e socioeconômica para as regiões semiáridas do nordeste do Brasil (CASTRO et al., 2016; CAMPOS et al., 2018). Dela se aproveita praticamente tudo, onde dos frutos se extraem o óleo e o leite para produção de cocadas, paçocas e bolos (BONDAR, 1938; NOBLICK, 1986) e as folhas que são usadas na cobertura de telhados, fabricação de sacolas, bolsas e vassouras de palha (BONDAR, 1942; MEDEIROS-COSTA, 1982; NOBLICK, 1986).

No contexto ambiental, o maior destaque dado ao ouricuri fica por conta da espécie ter seus frutos como a principal fonte de alimento para *Anodorhynchus leari* (Bonaparte, 1856) (Psittacidae), a Arara-azul-de-Lear (LUGARINI et al., 2012).

A espécie *B. forficata* Link, é uma árvore medicinal pertencente à família Fabaceae, de ocorrência natural no bioma Caatinga, pioneira de crescimento rápido e indicada para recomposição de áreas degradadas (SILVA et al., 2012; COSTA et al. 2013). Algumas espécies do gênero *Bauhinia* são utilizadas para fins medicinais, sendo popularmente conhecidas como pata-de-vaca, unha-de-vaca e mororó. Tais espécies podem apresentar porte arbóreo ou arbustivo e, conforme os nomes populares sugerem, apresentam uma folha fendida no meio, formando dois lobos ou folíolos, que a assemelham a uma pata de bovino (LUSA & BONA, 2009).

Entre os fatores que influenciam o estabelecimento das mudas em campo, é importante ressaltar a utilização de técnicas que favoreçam a qualidade das mudas. Dentre essas práticas podemos citar o manejo da irrigação, nutrição, sombreamento, semeadura, micorrização, rustificação de mudas, podas, aclimatação, seleção, tipo de recipiente, densidade de cultivo, dentre outros (BIRCHLER et al. 1998).

A disponibilidade de água para mudas de espécies florestais durante o plantio e nas primeiras semanas da implantação é uma operação importante, principalmente nas épocas secas do ano, influenciando na sobrevivência e desenvolvimento das mesmas (BUZZETTO et al. 2002; LOPES, 2005; OCHOA et al., 2016). Algumas espécies nativas, quando expostas ao déficit hídrico, apresentam redução significativa na área foliar e no crescimento do caule das plantas, em função dos efeitos do ambiente no crescimento e desenvolvimento vegetal, o que evidencia o efeito das condições climáticas sobre a eficiência do crescimento das plantas (SCALON, 2003).

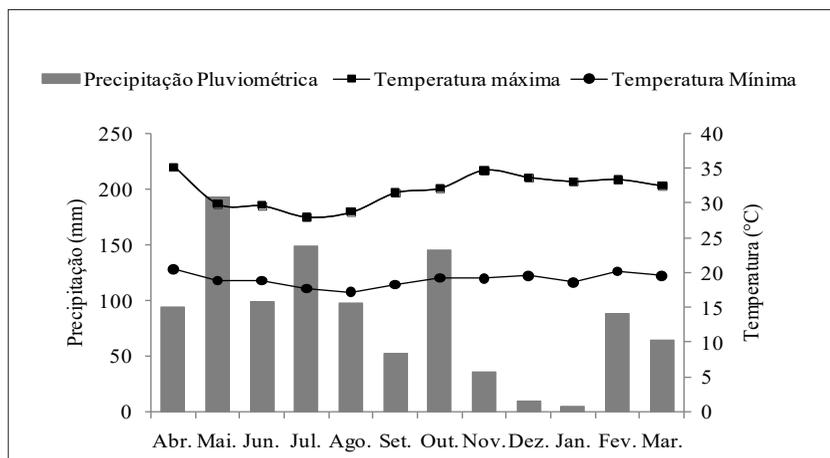
O fornecimento de água para planta é comumente realizado por irrigação, porém, em programas de recuperação de áreas degradadas torna-se onerosa; dessa forma, são necessárias alternativas capazes de facilitar o fornecimento de água e de nutrientes para as plantas. Como exemplo, pode-se citar o uso de condicionadores de solo, uma vez que este otimiza a disponibilidade de água, devido à capacidade de absorver e armazenar água (MORAES et al. 2001; AZEREDO et al. 2003; SOUZA et al., 2016; SILVA et al., 2019a).

A utilização de esterco bovino também é uma técnica bastante utilizada, uma vez que, além de fornecer os nutrientes necessários ao crescimento das plantas, ainda é capaz de manter por maior quantidade de tempo a umidade do solo (ECKHARDT et al., 2018). O esterco é um componente orgânico que, juntamente com outros métodos, melhora as condições físicas do substrato, como aeração e drenagem, além de ser rico em nutrientes, que são rapidamente liberados para as plantas (CORREIA et al., 2001).

A água é um fator limitante para o desenvolvimento das plantas, uma vez que em déficit resulta em efeitos adversos em muitos atributos das plantas, como morfologia e nutrição (ASENSIO et al., 2020). Diante da necessidade de se garantir o estabelecimento das plantas em campo, este experimento teve o objetivo de avaliar o crescimento de espécies arbóreas usadas na recuperação de áreas degradadas.

## **Métodos**

O experimento foi desenvolvido na Universidade Federal de Alagoas - *Campus* Arapiraca (latitude 09°41'53,6" S; longitude 036°41'26,3" W e 264 m de altitude), nos anos de 2014 e 2015. A cidade de Arapiraca, localizada na região do Agreste de Alagoas, é caracterizada pela transição entre a Zona da Mata e o Sertão do Estado, com precipitação média anual de 900 mm. Durante o período experimental, a precipitação no *Campus* da Universidade foi de 1.032 mm (Figura 1).



**Figura 1.** Precipitação e temperaturas máxima e mínima, durante o período experimental.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com arranjo fatorial em parcelas subdivididas. Os tratamentos avaliados constituíram a parcela principal e as diferentes espécies, as sub-parcelas, com cinco repetições. Os tratamentos foram: esterco bovino com  $1,7 \text{ L cova}^{-1}$ , condicionador de solo (Hidrogel) na proporção de  $3 \text{ g L}^{-1}$ , esterco bovino+hidrogel, botijão (recipiente com capacidade 20 L) e controle (condição natural).

O botijão consistiu de um recipiente com capacidade para 20 L, no qual em seu interior foi realizada uma perfuração e fixado um cordão de algodão com finalidade de drenar a água, de maneira gradativa, do interior do recipiente ao solo, numa taxa de dispersão de cerca de 1 L por dia, de maneira a permitir uma maior umidade próximo ao sistema radicular (Figura 2).



**Figura 2.** Detalhe do botijão adaptado para a dispersão de água.

Para a condução do experimento foram plantadas 7 mudas por bloco de cada espécie, a seguir: *E. contortisiliquum*, *P. pyramidalis*, *H. impetiginosus*, *S. coronata*, *B. forficata* distribuídas em 5 blocos com arranjo quincuncial equidistante, com adensamento de plantio, onde o espaçamento diagonal entre mudas foi de 2,12 m, com área por bloco de 144 m<sup>2</sup> (Figura 3).



**Figura 3.** Visão geral da área experimental, com distribuição das plantas.

A avaliação da análise de crescimento foi realizada 12 meses após o plantio em cinco plantas de cada espécie, por repetição. Determinou-se o número de folhas totalmente expandidas, diâmetro do caule e altura da planta, além da taxa de sobrevivência das espécies. O diâmetro do caule foi mensurado com o auxílio de paquímetro digital, na região do colo da muda. A altura da planta foi medida com auxílio de régua/trena milimetrada, do colo da planta ao ápice da gema apical do ramo principal. A taxa de sobrevivência foi avaliada por meio de análise visual, considerando o número de plantas vivas no momento da avaliação, em razão do número plantas transplantadas.

Os dados foram submetidos à análise multivariada, compreendendo a análise de agrupamento e Análise Hierárquica dos Componentes (HCA). A análise do agrupamento foi realizada com os dados transformados empregando-se a Distância Euclidiana Média para o conjunto dos indicadores, com a finalidade de agrupar em cada espécie os tratamentos de acordo com seu grau de similaridade. Os resultados dessas análises foram apresentados na forma de dendrograma.

## Resultados

Após 12 meses de transplântio, observou-se alta taxa de sobrevivência das plantas, independentemente do tratamento adotado. No entanto, as técnicas de manejo aplicada neste trabalho promoveram melhoria no crescimento inicial das espécies ao analisar os valores médios do número de folhas, diâmetro do caule e altura de plantas (Tabela 1). As espécies *H. impetiginosus* e *B. forficata* foram as

únicas que apresentaram redução no total de mudas que sobreviveram após um ano de implantação, porém com taxa de 80% de sobrevivência (Tabela 1).

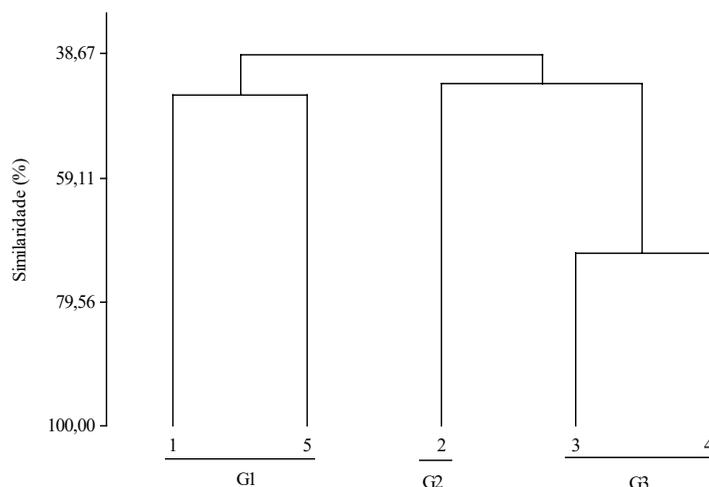
**Tabela 1.** Valores médios de número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), altura de planta (AP) e taxa de sobrevivência (TS) de mudas de cinco espécies nativas após 12 meses do plantio.

Tratamentos	NF	DC (mm)	AP (cm)	TS (%)
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong (Fabaceae)				
Esterco (E)	14,4	6,08	88	100
Botijão	15,4	8,42	91,6	100
Hidrogel (H)	17,4	7,725	112,4	100
E + H	14,6	8,08	114,4	100
Controle	9	5,96	95,8	100
<i>Poincianella pyramidalis</i> Tul. (Fabaceae)				
Esterco (E)	6	6,46	45	100
Botijão	7,8	7,40	63,8	100
Hidrogel (H)	9,4	6,50	44	100
E + H	5,65	6,98	39,725	80
Controle	3,6	6,10	40,8	100
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos (Bignoniaceae)				
Esterco (E)	8	6,3	27,5	80
Botijão	16,75	7,425	32,5	80
Hidrogel (H)	10,2	5,4	27,4	100
E + H	10,8	5,36	44	100
Controle	8,2	7,18	25,8	100
<i>Syagrus coronata</i> (Mart.) Beccari (Arecaceae)				
Esterco (E)	3,6	9,42	15	100
Botijão	3,2	9,04	18	100
Hidrogel (H)	3,5	8,95	14,75	100
E + H	3	5,74	9,6	100
Controle	3	7,86	12	100
<i>Bauhinia forficata</i> Link (Fabaceae)				
Esterco (E)	11,5	8,90	69,25	100
Botijão	8	9,02	41,2	100
Hidrogel (H)	7,33	8,53	80	100
E + H	6	8,9	76,75	80
Controle	12	10,02	75,20	100

O sucesso do desenvolvimento das mudas no campo deu-se, principalmente, pelo transplante no início período de chuva, que ocasionou condições propícias para seu crescimento, garantindo umidade no período de adaptação das espécies após o transplante e nos primeiros meses de crescimento e desenvolvimento. Desta forma, recomenda-se que o processo de recomposição vegetal, de uma determinada área degradada na Caatinga, seja realizado no início do período de chuva na região. O maior estabelecimento das mudas após o plantio deveu-se também ao manejo estabelecido para a área, sem a realização de cobertura ou coroamento das plantas durante o período de avaliação. De certa forma, nos períodos de estiagem, a não realização destas ações recomendadas para outros ambientes mais úmidos, permitiram uma maior proteção física das mudas plantadas pela presença da vegetação herbácea seca, proporcionando um microclima favorável, que diminuiu a evapotranspiração e, conseqüentemente, manteve a umidade do solo.

Vários fatores interferem negativamente sobre o crescimento das plantas em programas de reflorestamento em áreas áridas e semiáridas, entre estes se destacam os fatores abióticos, como a alta taxa de evapotranspiração, baixa pluviosidade e distribuição espacial e temporal irregular das chuvas (VALLEJO et al., 2012; PONTES FILHO et al., 2018). O estabelecimento das plantas é reduzido de maneira significativa se houver um período sem chuva superior a 90 dias durante o primeiro ano das plantas em campo (ALLOZA & VALLEJO, 1999). No entanto, as respostas à deficiência hídrica são diferentes entre as espécies e a recuperação das plantas após o restabelecimento da umidade é dependente de vários fatores, como estágio fenológico, intensidade e duração do estresse, além de aspectos fisiológicos e bioquímicos relacionados à manutenção da estabilidade da membrana e ajuste osmótico (FOSTER et al., 2015; ODDO et al., 2020). Conforme já relatado, um manejo adequado no processo de recomposição vegetal garante a sobrevivência das plantas em campo.

No manejo de *E. contortisiliquum* observou-se, pela análise dos componentes hierárquicos, a formação de três grupos pelo nível de similaridade entre as técnicas de manejo aplicada, indicando que as plantas se comportaram de maneira diferente de acordo com os tratamentos utilizados, visto que o nível de similaridade entre os cinco tratamentos foi de apenas 38,67%. No entanto, quando analisa a formação por grupo, observa-se maior similaridade (71,55%) entre os tratamentos com aplicação de hidrogel de forma isolada e em mistura com esterco, que representam o grupo 3. O grupo 1, composto pelos tratamentos esterco e controle, apresentou similaridade de 45,37%, já o grupo 2, que tem o tratamento do botijão como representante, apresentou 43,46% de similaridade, com os tratamentos do grupo 1 (Figura 4).



**Figura 4.** Dendrograma resultante da análise de agrupamento dos tratamentos referentes à espécie *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Fabaceae), utilizando-se a similaridade entre tratamentos. G1 = Grupo 1; G2 = Grupo 2; G3 = Grupo 3; 1= Esterco; 2= Botijão; 3= Hidrogel; 4= Esterco + Hidrogel; 5= Controle.

Para a variável número de folha, os tratamentos dos grupos 2 e 3 apresentaram as maiores médias (Tabela 1; Figura 4). Dessa forma, é possível constatar que o uso do hidrogel, enquanto condicionador de solo, bem como sua combinação com esterco, são técnicas eficazes que melhoram a disponibilidade hídrica e, conseqüentemente, de nutrientes para a planta. Além disso, o uso do botijão também melhorou a disponibilizar de água para as plantas no período experimental.

O número de folhas é um fator inteiramente ligado ao desenvolvimento da planta, que reflete a condição hídrica do meio e seu conseqüente acúmulo de biomassa, pois a seca resulta em alto custo de adequação para as plantas, uma vez que a energia e os nutrientes que seriam destinados ao crescimento são direcionados para a produção de mecanismos protetores (BECHTOLD & FIELD 2018). Isto decorre do fato das folhas serem as principais responsáveis pelo processo fotossintético, centros de reserva de carboidratos, fonte de auxina e cofatores de enraizamento, sendo estes últimos translocados para a base da planta, contribuindo ainda para a formação de novas raízes (HARTMANN et al. 1997).

O aumento da absorção e retenção da água estimulada pelo condicionador de solo torna a água mais acessível para as plantas, possibilitando um melhor desenvolvimento inicial das mesmas (ZONTA et al., 2009), conforme observado neste trabalho.

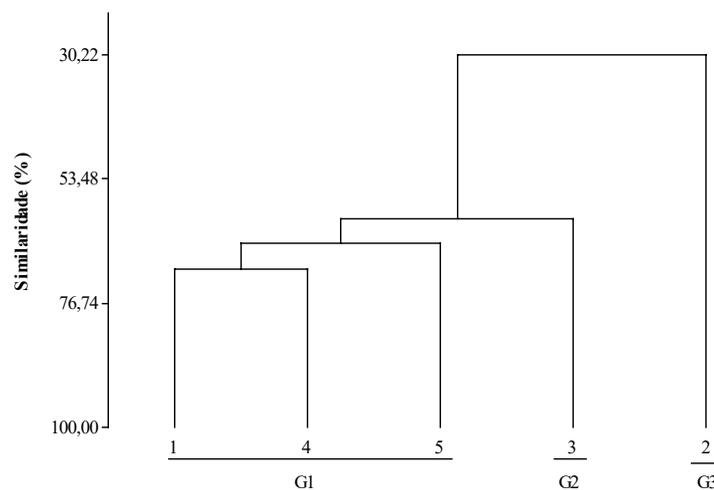
Os polímeros com capacidade hidrorretentora têm propriedades especiais, tais como diferentes capacidades de retenção de água e disponibilidade de reserva de água para as raízes das plantas e são usados na agricultura e silvicultura como condicionadores de solo (SOUZA et al., 2012; VICENTE et al., 2015). Estas propriedades tornam possível a aplicação do polímero em diferentes tipos de solo, em diferentes condições

ambientais e para diferentes espécies de plantas (COTTHEM, 1988; HENNINK & VAN NOSTRUM, 2012).

Há registros de que a utilização de hidrogel na produção de mudas de *Cassia grandis* (Fabaceae) promoveu um aumento no número de folhas, altura e diâmetro do caule (SANTOS, 2013). Entretanto, na presente pesquisa, a utilização do botijão (G2) favoreceu o desenvolvimento do caule, onde foram observadas as maiores médias entre os tratamentos aplicados (Figura 4).

No que se refere à altura da planta, percebeu-se que no G3 as plantas de *E. contortisiliquum* apresentaram as maiores médias, assim como para *C. grandis*, citada anteriormente. Com isso, o condicionador de solo, bem como sua combinação com o esterco bovino se mostraram eficientes no acúmulo de biomassa, suprindo de forma adequada a necessidade hídrica e nutricional da espécie estudada. Com a aplicação de hidrogel, Silva et al. (2019b) observaram maior crescimento inicial das plantas de *E. contortisiliquum*, além do aumento da biomassa e melhoria da qualidade de mudas.

A partir da análise hierárquica de agrupamentos das variáveis analisadas para a espécie *P. pyramidalis*, foi possível determinar dois grupos distintos, onde o grupo 1 foi composto pelos tratamentos: esterco (1), esterco + hidrogel (4), controle (5) e hidrogel (3) e o grupo 2 constou do tratamento Botijão (2). Os tratamentos pertencentes ao grupo G1 apresentaram alto nível de similaridade entre eles com 60,99%, o tratamento com Botijão foi o mais distante em termo de similaridade com os demais tratamentos, sendo 30,22% similares aos demais (Figura 5).

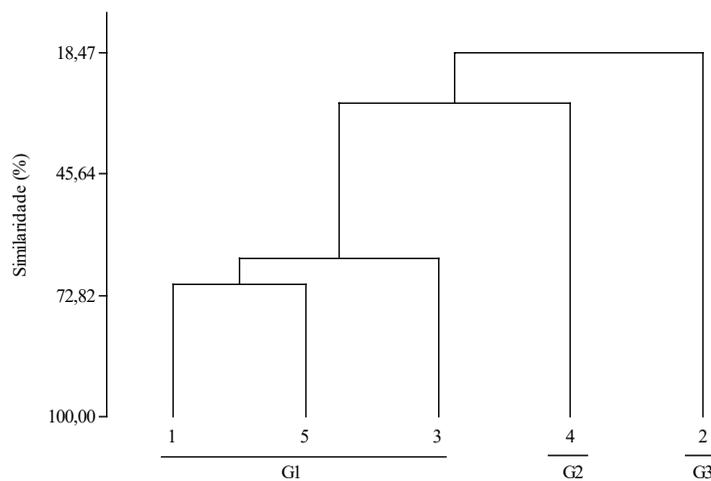


**Figura 5.** Dendrograma resultante da análise de agrupamento dos tratamentos referentes à espécie *Poincianella pyramidalis* Tul. (Fabaceae), utilizando-se a similaridade entre tratamentos. G1 = Grupo 1; G2 = Grupo 2; G3 = Grupo 3; 1= Esterco; 2= Botijão; 3= Hidrogel; 4= Esterco + Hidrogel; 5= Controle.

O distanciamento do tratamento 2 dos demais, se deu pelo fato dos maiores valores médios das variáveis analisadas para a espécie *P. pyramidalis* terem sido observados quando as plantas foram submetidas a uma condição de maior disponibilidade hídrica com a aplicação da técnica do botijão, exceto para o número de folhas, cujas maiores quantidades foram observadas no uso do hidrogel (Tabela 1). Sales (2008), avaliando a revegetação lenhosa de área degradada da Caatinga com espécies arbóreas, observou comprimento e diâmetro de catingueira de 35,7 cm e 5,0 mm, respectivamente, após oito meses de transplante. Valores estes inferiores ao observado nesta pesquisa.

É importante ressaltar ainda, que a Catingueira é caracterizada como uma espécie com amplo poder de dispersão, principalmente na região do semiárido nordestino, e que possui elevada adaptação aos diferentes ambientes que são submetidas (MAIA, 2004), fato que poderia explicar os resultados encontrados neste trabalho.

A análise do dendrograma referente ao agrupamento dos dados para os tratamentos aplicados à espécie *H. impetiginosus* evidencia a formação de três grupos principais determinados de acordo com o grau de similaridade (Figura 6).



**Figura 6.** Dendrograma resultante da análise de agrupamento dos tratamentos referentes à espécie *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos (Bignoniaceae), utilizando-se a similaridade entre tratamentos. G1 = Grupo 1; G2 = Grupo 2; G3 = Grupo 3; 1 = Esterco; 2 = Botijão; 3 = Hidrogel; 4 = Esterco + Hidrogel; 5 = Controle.

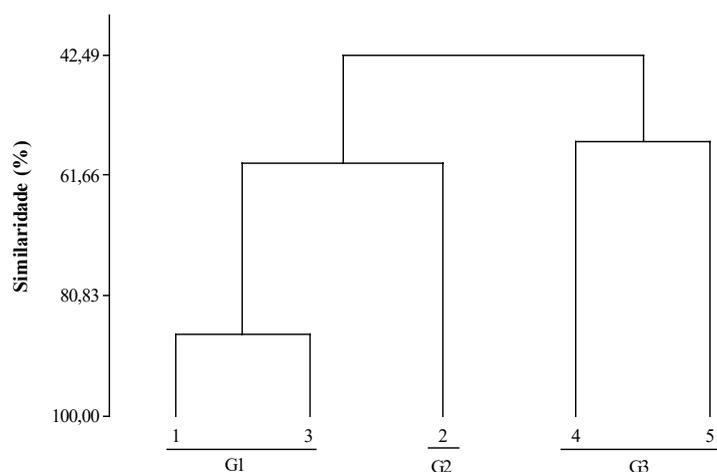
No primeiro grupo, formado pelos tratamentos esterco (1), controle (5) e hidrogel (3), observou-se que estes foram similares em 64,68% (Figura 6), isto ocorreu devido as variáveis número de folhas, diâmetro do caule e altura de planta terem apresentado, de forma geral, os menores valores em relação aos outros tratamentos (Tabela 1). Enquanto que o segundo grupo, representado pela combinação esterco + hidrogel (4), foi semelhante em 29,56% em relação ao grupo 1, essa distância no nível de similaridade com os demais tratamentos se deu, principalmente, pela variável altura da planta, uma

vez que, foi a maior entre todos os tratamentos (Tabela 1). Já o terceiro grupo, formado pelo tratamento botijão apresentou similaridade com os demais grupos de apenas 18,47% (Figura 6), isso se refletiu pelo fato, deste tratamento ter apresentado o maior número de folhas e o maior diâmetro caulinar (Tabela 1).

Em estudos onde foram analisados o comportamento das espécies ipê-mirim (*Stenolobium stans*) (Bignoniaceae) e aroeirinha (*Schinus terebinthifolius*) (Anacardiaceae) em resposta à adubação em áreas degradadas, foi observado que as plantas adubadas com esterco bovino apresentaram maior crescimento em altura (FARIA et al. 1997). A altura da planta é uma mensuração de fácil obtenção, não destrutiva e viável, que apresenta uma boa contribuição para a avaliação da qualidade das mudas (GOMES et al., 2002).

Diversos autores têm estudado a qualidade de mudas em viveiros florestais bem como o crescimento dessas mudas em ambiente natural. Neste sentido, a altura combinada com o diâmetro de colo, constitui uma das mais importantes características morfológicas para estimar o crescimento das mudas (GOMES & PAIVA, 2006). Com isso Trazzi et al. (2012) ao avaliar a qualidade de mudas de *Murraya paniculata* (Rutaceae), observaram maior altura de planta a partir da utilização de dejetos bovinos.

O dendrograma resultante da análise de agrupamento para a espécie *Syagrus coronata* (Mart.) Beccari evidenciou a formação de três grupos principais pelo nível de similaridade. O primeiro grupo foi formado pelos tratamentos esterco e hidrogel e o segundo pelo tratamento botijão e apresentaram similaridade de 86,88% e 59,77%, respectivamente. Já o terceiro grupo foi formado pela combinação de esterco + hidrogel e tratamento controle, com 56,36% de similaridade (Figura 7).



**Figura 7.** Dendrograma resultante da análise de agrupamento dos tratamentos referentes à espécie *Syagrus coronata* (Mart.) Beccari (Arecaceae), utilizando-se a similaridade entre tratamentos. G1 = Grupo 1; G2 = Grupo 2; G3 = Grupo 3; 1= Esterco; 2= Botijão; 3= Hidrogel; 4= Esterco + Hidrogel; 5= Controle.

Diante de tais aspectos mencionados, é possível inferir que o grupo 1 e 2 proporcionaram os resultados superiores para *Syagrus coronata*, em relação às variáveis analisadas. O esterco, hidrogel e botijão favoreceram o desenvolvimento desta espécie (Tabela 1).

O crescimento em campo de espécies florestais é interferido diretamente, de forma positiva, pela incorporação ao solo de esterco bovino. A presença de matéria orgânica nos substratos evidencia sua importância para a formação das mudas, uma vez que, quando formadas em substrato que continha um elevado teor de matéria orgânica, apresentaram maior diâmetro do caule (ARAÚJO & SOBRINHO, 2011).

O diâmetro do caule é uma característica fundamental para a avaliação do potencial de sobrevivência e crescimento no pós-plantio de mudas de espécies florestais (SOUZA et al., 2006). Segundo esses autores, dentro de uma mesma espécie, as plantas com maior diâmetro apresentam maior sobrevivência, por apresentarem capacidade de formação e de crescimento de novas raízes. Esta variável é um bom indicativo de qualidade de mudas e tem forte correlação com a porcentagem de sobrevivência de mudas (CARNEIRO, 1995).

Geralmente o diâmetro do caule é reduzido em plantas não hidratadas, pois durante a seca, a reposição hídrica do xilema é prejudicada pelo baixo potencial hídrico do solo que dificulta a absorção de água pela raiz, resultando na redução do diâmetro do caule (WANG et al. 2017), conforme observado nos tratamentos não hidratados para a maioria das espécies analisadas.

O uso de esterco bovino influenciou positivamente no aumento do número de folhas em mudas das espécies *Hancornia speciosa* (Apocynaceae) (FERNANDEZ, 2002), *Heteropterys aphrodisiaca* (Malpighiaceae) (ARRUDA, 2001) e em *Genipa americana* (Rubiaceae) (COSTA et al., 2005), o aumento na quantidade de folhas foi verificado também na produção de mudas de *Piptadenia obliqua* (Fabaceae) em substrato com maior quantidade de matéria orgânica (JESUS, 1997), o que garante uma maior eficiência fotossintética pelo aumento da área foliar.

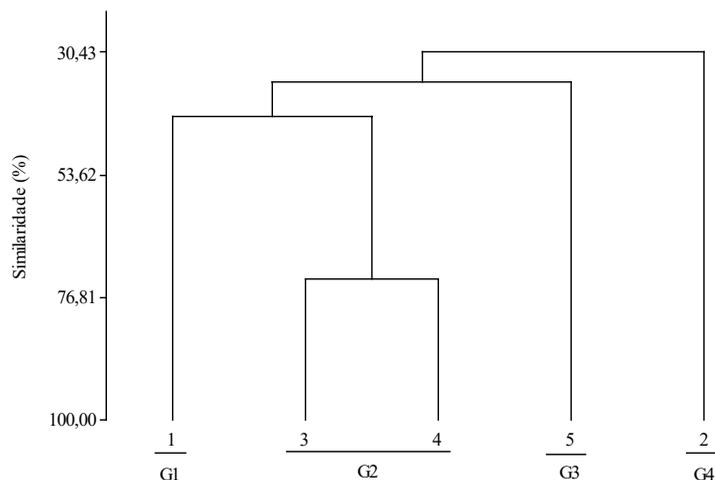
Em relação ao uso de hidrogel como condicionador de solo, é possível observar na literatura alguns trabalhos que estudaram essa prática. Assim, a utilização de 6 gramas do polímero por litro de substrato na produção de mudas de *Corymbia citriodora* (Myrtaceae) promoveu maior incremento em altura (22,99%) e diâmetro (23,12%) (BERNARDI et al., 2012). O uso de condicionador de solo também promoveu um acréscimo no número de folha, diâmetro do caule e no crescimento inicial de *Sesbania virgata* (Fabaceae), devido ao aumento da disponibilidade hídrica no ambiente radicular (COSTA, 2013).

De forma contrastante, o uso de diferentes dosagens do polímero hidrorretentor (hidrogel) incorporado ao substrato na produção de mudas de angico vermelho (*Anadenanthera peregrina*) (Fabaceae) não afetou positivamente o desenvolvimento da parte aérea em características como altura e diâmetro do coleto, e sim, influenciando negativamente a qualidade das mudas à medida em que foram acrescidas as dosagens

do polímero (acima de 4 g). Isso decorre do fato do polímero reduzir a porosidade do solo quando ocorre absorção de água e expansão do mesmo, provocando anoxia no sistema radicular da planta (SOUSA et al., 2013).

De acordo com o dendrograma resultante da análise de agrupamento para a espécie *B. forficata* (Figura 8), foi possível constatar a criação de quatro grupos caracterizados, pelo nível de similaridade entre seus tratamentos, onde o grupo 1 é composto pelo tratamento esterco, o grupo 2 pelos tratamentos hidrogel e esterco + hidrogel, o grupo 3 pelo controle e o grupo 4 pelo botijão. A maior similaridade entre os tratamentos foi notada no grupo 2, com 73,41%, isso foi notado devido os tratamentos deste grupo apresentarem os maiores valores de altura e a menor quantidade de folhas (Tabela 1), sendo esses tratamentos similares com o grupo 1 em apenas 36,13%. Os tratamentos do grupo 3 e 4 apresentaram menor semelhança com os demais.

Maior número de folhas foi observado nos tratamentos controle e esterco, com 12 e 11,5 folhas, respectivamente. Já para o diâmetro, foi notada pequena diferença entre os tratamentos, de 8,53 a 10,02 mm, sendo o menor para o tratamento hidrogel e o maior para o controle. As maiores alturas de planta foram notadas nos tratamentos hidrogel (80 cm), esterco+hidrogel (76,75 cm) e controle (75,20 cm). Com isso, nota-se que a pata-de-vaca se adaptou às condições da região durante o período de avaliação, sem a necessidade de técnicas adicionais de manejo.



**Figura 8.** Dendrograma resultante da análise de agrupamento dos tratamentos referentes à espécie *Bauhinia forficata* Link (Fabaceae), utilizando-se a similaridade entre tratamentos. G1 = Grupo 1; G2 = Grupo 2; G3 = Grupo 3; 1= Esterco; 2= Botijão; 3= Hidrogel; 4= Esterco + Hidrogel; 5= Controle.

É possível observar que, dependendo da espécie, existe a necessidade de adicionar práticas de manejo para garantir o estabelecimento das mudas em campo, disponibilizando água e matéria orgânica no momento do transplante, com o uso de

esterco, condicionador de solo (hidrogel) e botijão. Sugerimos que o uso do hidrogel nas práticas de plantio corrobora a hipótese de armazenamento e disponibilidade de água no solo durante os períodos de menor pluviosidade no semiárido.

## Considerações Finais

Diante os aspectos mencionados anteriormente, é possível enfatizar que o propósito de todas as informações levantadas e procedimentos envolvidos nesta pesquisa, constituem um importante componente para recomendações e tomadas de decisões, referente aos diversos setores, que envolvem atividades de implantação e recuperação de áreas florestais.

É perceptível a necessidade da colaboração multidisciplinar para garantir o sucesso de um projeto deste escopo. Tal necessidade pode ser explicada devido à amplitude que a Ecofisiologia de plantas nativas consegue alcançar.

Desta maneira, os resultados observados neste capítulo conseguem fornecer dados objetivos, análises e opiniões acerca da recuperação de áreas degradadas da Caatinga, pretendendo-se, desse ponto, analisar a utilização de ferramentas práticas, acessíveis e eficientes em questões de manejo e implantação de um sistema florestal.

Posto isso, os procedimentos de recuperação de ambientes degradados devem ter o objetivo de auxiliar o desenvolvimento sustentável, tornando-se extremamente relevante que a análise do manejo florestal da Caatinga e toda sua complexidade sejam realizadas de um ponto de vista mais amplo, de maneira que possibilite a geração de novas ideias, planos e técnicas inovadoras para criação de modelos replicáveis, sendo estas informações importantes diante dos atuais e futuros cenários que envolvem as mudanças climáticas.

## Agradecimentos

Ao Centro de Recuperação de Áreas Degradadas do Baixo São Francisco – CRAD, pelo suporte logístico e apoio técnico, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL) pelo suporte financeiro (Processo nº 60030.000221/ 2013), ao *Arboretum* da Universidade Federal de Alagoas pela disponibilização de mudas das espécies avaliadas, e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão das bolsas.

## Referências

ALLOZA, J.A.; VALLEJO, V.R. Relación entre las características meteorológicas del año de plantación y los resultados de las repoblaciones. **Ecología** 13:173–187, 1999.

ARAÚJO, A.P; SOBRINHO, S.P. Germinação e produção de mudas de tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (VELL.) MORONG) em diferentes substratos.

**Revista Árvore** 35:581-588, 2011.

ARRUDA, J. B. Aspecto da germinação e cultivo do nó-de-cachorro (*Heteropteris aphrodisiaca* O. MACH.). 2001. 142f. **Dissertação** (Mestrado em Agricultura Tropical) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

ASESIO, V.; DOMEQ, J-C.; NOUVELLON, Y.; LACLAU, J-P., BOUILLET, J-P.; JORDAN-MEILLE, L.; LAVRES, J.; ROJAS, J.D.; GUILLEMOT, J.; ABREU-JÚNIOR, C.H. Potassium fertilization increases hydraulic redistribution and water use efficiency for stemwood production in *Eucalyptus grandis* plantations. **Environ. Exp. Bot.** 176:1-24, 2020.

AZEREDO, G. A. et al. Germinação em sementes de espécies florestais da Mata Atlântica (Leguminosae) sob condições de casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 33: 11-16, 2003.

BERNARDI, M. R.; SPEROTTO JUNIOR, M.; DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T. Crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e adubação. **Cerne** 18:67-74, 2012.

BECHTOLD, U.; FIELD, B. Molecular mechanisms controlling plant growth during abiotic stress. **J. Exp. Bot.** 69:2753–2758, 2018.

BIRCHLER, T. et al. La planta ideal: revision del concepto, parâmetros definitorios e implementation practica. **Investigacion Agraria, Sistemas y Recursos Forestales**, Madrid, 7:109-121, 1998.

BONDAR G. O Licurizeiro e suas potencialidades na economia brasileira. Boletim do Instituto Central de Fomento Econômico da Bahia 2: 1-18. 1938.

BONDAR, G. **As ceras no Brasil e o licuri *Cocos coronata* Mart. na Bahia.** Salvador: Instituto Central de Fomento Econômico da Bahia. 1942. 86p.

BORBA FILHO, A.B.; PEREZ, S.C.; ANDRADE, J.G. Armazenamento de sementes de ipê-branco e ipê-roxo em diferentes embalagens e ambientes. **Rev. bras. Sementes** 31: 259-269, 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Primeiro relatório nacional para a Convenção sobre Biodiversidade Biológica – Brasil. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, Brasília. 1998.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Caatinga. Universidade Federal de Pernambuco, Conservation International do Brasil e Fundação Biodiversitas, Brasília. 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga. Serviço Florestal Brasileiro. Brasília. 2010. 30-40p.

BUZETO, F.A.; BIZON, J.M.C.; SEIXAS, F. Avaliação de polímero adsorvente à base de acrilamida no fornecimento de água para mudas de *Eucalyptus urophylla* em pós-plantio. IPEF, **Circular Técnica**, n.195, 2002.

CAMPOS, J.L.A.; ARAÚJO, E.L; GAOUE, O.G.; ALBUQUERQUE, U.P. How can local representations of changes of the availability in natural resources assist in targeting conservation? **Sci. Total Environ.** 629: 642–649, 2018.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF/Campos: UENF, 451p. 1995.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. v.1 Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo/PR: Embrapa Florestas, 2003. 1039p.

CASTRO, R. A.; FABRICANTE, J.R.; SIQUEIRA FILHO, J.A. A importância da palmeira *Syagrus coronata* (Mart.) Beec. para a conservação da riqueza e diversidade de espécies epífitas vasculares na Caatinga. **Rev. Árvore**. 40: 1–12, 2016.

CORREIA, D.; CAVALCANTI JÚNIOR, A. T.; COSTA, A. M. G. Alternativas de substratos para a formação de porta-enxertos de gravioleira (*Annona muricata*) em tubetes. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, (**Comunicado Técnico**, 67). 2001.

COSTA, R.N. Superação de dormência e crescimento inicial de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers em função do uso de condicionador de solo e disponibilidade hídrica. 61p. (**Monografia**) Universidade Federal de Alagoas, Arapiraca. 2013.

COSTA, E. S.; SANTOS NETO, A. L.; COSTA, R. N.; SILVA, J. V.; SOUZA, A. A.; SANTOS, V. R. Dormência de sementes e efeito da temperatura na germinação de sementes de *Bauhinia forficata*. Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal 56: 19-24, 2013.

COSTA JÚNIOR, E.O.; SILVA-OLIVEIRA, E.C.; MOURA, J.C.M.; MELO, T.H.L. Photochemical quantum efficiency of *Aspidosperma pyrifolium* (Mart) and *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiros in na área of semiarid tropics (Soledade City, Paraíba, Northeast Brazil). **Brazilian Journal of Biological Sciences**. 1:59-65, 2014.

COSTA, M. C.; ALBUQUERQUE, M.C.F.; ALBRECHT, J.M.F.; COELHO, M.F.B. Substratos para produção de mudas de jenipapo (*Genipa americana* L.). **Pesquisa Agropecuária Tropical** 35:19-24, 2005.

COTTHEM, W.V. **O papel de Terracottem como um absorvente universal.** Ghent. Bélgica. 1988.

DRUMOND, M.A. **Licuri *Siagrus coronata* (Mart) Becc.** Petrolina: Embrapa Semi-árido, 16p, 2007. Disponível em: <[http://www.cpatsa.embrapa.br/public\\_eletronica/downloads/SDC199.pdf](http://www.cpatsa.embrapa.br/public_eletronica/downloads/SDC199.pdf)>. Acesso em: junho 2015.

ECKHARDT, D.P.; REDIN, M.; SANTANA, N.A.; DE CONTI, L.; DOMINGUEZ, J.; JACQUES, R.J.S.; ANTONIOLLI, Z.I. Cattle Manure Bioconversion Effect on the Availability of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium in Soil. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, 42: e0170327, 2018.

FARIA, J.M.R.; DAVIDE, A.C.; BOTELHO, S.A. Comportamento de espécies florestais em área degradada, com duas adubações de plantio. **Cerne** 2:1-20, 1997.

FERNANDEZ, J. R. C. Efeito de substratos, recipientes e adubação na formação de mudas de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes). 65f. 2002. **Dissertação** (Mestrado em Agricultura Tropical) – FAMEV/ UFMT, Cuiabá.

FLORA DO BRASIL. Jardim Botânico do Rio de Janeiro; 2020 Under construction. Available from <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>.

FOSTER, K.; LAMBERS, H.; REAL, D.; RAMANKUTTY, P.; CAWTHRAY, G.R.; RYAN, M.H. Drought resistance and recovery in mature *Bituminaria bituminosa* var. albomarginata. **Ann. Appl. Biol.** 166:154-169, 2015.

GOMES, J.M.; COUTO, L.; LEITE, H.C.; XAVIER, A.; GARCIA, S.L.R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore** 26:515-523, 2002.

GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros florestais (propagação assexuada)**. 3. ed. Viçosa: UFV. 2006.

HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E.; DAVIES JUNIOR, F.T. **Plant propagation: principles and practices**. 6.ed. New Jersey: Prentice Hall International, 1997. 770p.

HENNINK, W.E.; VAN NOSTRUM, C.F. Novel crosslinking methods to design hydrogels. **Advanced Drug Delivery Reviews**. 64:223-36, 2012.

JESUS, B. M. Morfologia de sementes, germinação e desenvolvimento de mudas de angico-de-bezerro (*Piptadenia obliqua* (Pers.) Macbr.). 81f. 1997. **Dissertação** (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal da Paraíba, Areia.

LIMA, P.C.F. **Áreas degradadas: métodos de recuperação no semiárido brasileiro.** In: **XXVII REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA. Anais...** Petrolina. 2004.

LIMA, A.L.S.; ZANELLA, F.; CASTRO, L.D.M. Crescimento de *Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang. e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Leguminosae) sob diferentes níveis de sombreamento. **Acta Amaz.** 40:43-8, 2010.

LOPES, J.L.W. Efeitos na irrigação na sobrevivência, transpiração e no teor relativo de água na folha em mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos. **Scientia Forestalis**, 68: 97-106, 2005.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v. 1. 2000.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** Nova Odessa, Editora Plantarum, 2009. 188p.

LUGARINI, C.; BARBOSA, A.E.A.; OLIVEIRA, K.G. **Plano de ação nacional para conservação da arara-azul-de-lear.** 2.ed. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBio. 2012. 144p.

LUSA, M.G. & BONA, C. Análise morfoanatômica comparativa da folha de *Bauhinia forficata* Link e *B. variegata* Linn. (Leguminosae, Caesalpinioideae). **Acta Botanica Brasilica**, 23(1), 196-211, 2009.

MAIA, G.N. **Caatinga: árvores arbustos e suas utilidades.** São Paulo: Leitura e Arte, 2004. 413p.

MEDEIROS-COSTA, J.T. As palmeiras (Palmae) nativas em Pernambuco, Brasil. 1982. 140f. **Dissertação** (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

MEDEIROS-COSTA, J.T. **As espécies de palmeiras (Arecaceae) do Estado de Pernambuco, Brasil.** 2002. p. 229-236. In: M. Tabarelli & J.M.C. Silva (eds.). **Diagnóstico da Biodiversidade de Pernambuco.** Recife, SECTMA & Massangana.

MORAES, O.; BOTREL, T.A.; DIAS, C.T.S. Efeito do uso de polímero hidrorretentor no solo sobre o intervalo de irrigação na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.). **Engenharia Rural** 2: 21, 2001.

NOBLICK, L.R. Palmeiras das Caatingas da Bahia e as potencialidades econômicas. In: Simpósio sobre a Caatinga e sua exploração racional, 1984, Feira de Santana. **Anais...** Brasília, DF: EMBRAPA DDT; Feira de Santana: UEFS, 1986. p. 99-115.

OCHOA, P.A.; FRIES, A.; MEJÍA, D.; BURNEO, J.I.; RUÍZSINOVA, J.D.; CERDÀ, A. Effects of climate, land cover and topography on soil erosion risk in a semiarid basin of the Andes. **Catena**. 140:31-42, 2016.

ODDO, E.; ABBATE, L.; INZERILLO, S.; CARIMI, F.; MOTISI, A.; SAJEVA, M.; NARDINI, A. Water relations of two sicilian grapevine cultivars in response to potassium availability and drought stress. **Plant. Physiol. Biochem.** 148:282-290, 2020.

OLIVEIRA, O. F. **Caatinga**. Mossoró: ESAM, 1976. 86p.

OLIVEIRA, R.A., REZENDE, L.S., MARTINEZ, M.A., MIRANDA, G.V. Influência de um polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo. **Rev. bras. eng. agríc. Ambient.** 8: 160-163, 2004.

PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; PIRATELLI, A.J. **Aspectos ecológicos da produção de sementes**. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. (Coord.). Sementes florestais tropicais. Brasília, DF: ABRATES, 1993. p.47-82.

PONTES FILHO, R.A.; GONDIM, F.A.G.; COSTA, M.C.G. Seedling growth of tree species under doses of hydrogel and two levels of luminosity. **Rev. Árvore**. 42: e420112, 2018.

POTT, A.; POTT, V.J. **Plantas do pantanal**. Brasília: Embrapa, 1994. 320 p.

RUFINO M.U.L.; COSTA J.T.M.; SILVA, V.A.; ANDRADE, L.H.C. Conhecimento e uso do Ouricuri (*Syagrus coronata*) e do babaçu (*Orbignya phalerata*) em Buíque, PE, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, 22:1141-1149, 2008.

SANTOS, W.J. Superação de dormência e produção de mudas de canafístula (*Cassia grandis* L. f.) sob condições de deficiência hídrica. 2013. 60p. (**Monografia**) Universidade Federal de Alagoas-Arapiraca.

SALES, F. C. V. Revegetação de área degradada da Caatinga por meio da sementeira ou transplante de mudas de espécies arbóreas em substrato enriquecido com matéria orgânica. 2008. **Dissertação** (Mestrado em Sistemas Agrosilvopastoris no Semi-Árido) Universidade Federal de Campina Grande, Patos – PB, 2008.

SCALON, S.P.Q.R.M.; RIGONI, M.R.; SCALON FILHO, H. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condição de sombreamento. **Revista Árvore** 27: 753-758, 2003.

SILVA, J.L.S.e; CRUZ-NETO, O.; PERES, C.A.; TABARELLI, M.; LOPES, A.V. Climate change will reduce suitable Caatinga dry forest habitat for endemic plants

with disproportionate impacts on specialized reproductive strategies. **PLoS ONE**, 14: e0217028, 2019. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217028>.

SILVA, L.K.S.; ALVES, M.C.J.L.; COSTA, R.N.; SILVA, D.M.R.; SANTOS, J.C.C., MOURA, F.D.B.P.; PAVÃO, J.M.S.;

SILVA, J.V. Gas Exchange and Photochemical Efficiency of Caatinga Plants Submitted to Different Water Management Strategies. **Journal of Agricultural Science**, 11:53-69, 2019a.

SILVA, L.K.S.; COSTA, R.N.; SANTOS, S.A.; SILVA, D.M.R.; SANTOS, J.C.C.; PAVÃO, J.M.S.; MOURA, F.B.P.; SILVA, J.V. Hydrogel improves the initial growth and quality of *Enterolobium contortisiliquum* seedlings. **Scientific Electronic Archives**, 12:53-61, 2019b.

SILVA, M.I.G.; MELO, C.T.V.; VASCONCELOS, L.F.; CARVALHO, A.M.R.; SOUSA, F.C.F. Bioactivity and potential therapeutic benefits of some medicinal plants from the Caatinga (semi-arid) vegetation of Northeast Brazil: a review of the literature. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, 22:193-207, 2012.

SIQUEIRA-FILHO, J. A. de (Org.) **A flora das Caatingas do Rio São Francisco: história natural e conservação**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson, 2012. 552 p.

SOUSA, G.T.O.; AZEVEDO, G.B.; SOUSA, J.R.L.; MEWS, C.L.; SOUZA, A.M. **Incorporação de polímero hidroretentor no substrato de produção de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L.) SPEG**. Enciclopédia Biosfera, 9:1270-1278. 2013.

SOUZA, A.J.J.; GUIMARÃES, R.J.; COLOMBO, A.; SANT'ANA, J.A.V. Quantitative analysis of growth in coffee plants cultivated with a water-retaining polymer in irrigated system. **Rev. Ciênc. Agron.** 47:162-71, 2016.

SOUZA, C. A. M.; OLIVEIRA, R.B.; MARTINS FILHO, S.; LIMA, J.S.S. Desenvolvimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubação. **Ciência Florestal** 16:243-249, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGUER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ed. Porto Alegre:Artmed, 2004. 719p.

TAVARES, S.R.L.; MELO, A.S.; ANDRADE, A.G.; ROSSI, C.Q.; CAPECHE, C.L. **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2008.

TRAZZ, P.A.; CALDEIRA, M.V.W.; COLOMBI, R.; GONÇALVES, E.O. Qualidade de mudas de *Murraya paniculata* produzidas em diferentes substratos. **Floresta**, n.42: 621-630, 2012.

VALLEJO, V.R.; SMANIS, A.; CHIRINO, E.; FUENTES, D.; VALDECANTOS, A.; VILAGROSA, A. Perspectives in dryland restoration: approaches for climate change adaptation. **New Forests** 43:561–579, 2012.

VICENTE, M.R.; MENDES, A.A.; SILVA, F.; OLIVEIRA, F.R.; MOTA JÚNIOR, M.G.; LIMA, V. Uso de gel hidrorretentor associado à irrigação no plantio do eucalipto. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. 9:344-349, 2015.

WANG, X.; MENG, Z.; CHANG, X.; DENG, Z.; LI, Y.; MOUCHAO, L.V. Determination of a suitable indicator of tomato water content based on stem diameter variation. **Sci. Hortic.** 215:142-148, 2017.

ZONTA, J.H.; BRAUN, H.; REIS, E.F.; PAULUCIO, D.; ZONTA, J.B. Influência de diferentes turnos de rega e doses de hidroabsorvente no desenvolvimento inicial da cultura do café Conillon (*Coffea canephora* Pierre). **Idesia** 27:29-34, 2009.

# 8

## Regeneração natural e semeadura de espécies florestais nativas em áreas degradadas da Caatinga

*Olaf Andreas Bakke<sup>1</sup>*

*Francisco das Chagas Vieira Sales<sup>1</sup>*

*Ivonete Alves Bakke<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal/Centro de Saúde e Tecnologia Rural/Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Patos - PB, Brasil. CP.: 69. CEP: 58700-970

### Introdução

A Caatinga é uma formação florestal tropical seca presente na região semiárida do Nordeste do Brasil. A sua resiliência permite que a regeneração do estrato arbóreo ocorra após o corte e retirada da lenha e madeira ou mesmo após a eliminação dos indivíduos lenhosos para a formação de pastagens e para a prática da agricultura de subsistência, via rebrotação ou germinação de sementes. Porém, muitas vezes, os seguidos distúrbios conduzem a uma condição em que a regeneração natural não ocorre em um período de tempo razoável, mesmo que a ação dos agentes degradantes seja interrompida. Neste estágio, geralmente, o solo encontra-se erodido e o banco de sementes acha-se depauperado.

Nesta situação, as primeiras ações para recuperar a área, além da cessação da ação do(s) efeito(s) degradante(s), consistem na melhoria dos atributos físicos e químicos do solo e na adição de sementes de espécies desejáveis. Porém, estas ações não garantem o restabelecimento de espécies herbáceas e arbóreas, seja pela regeneração natural ou pela adição de sementes, como se verá adiante pelo relato e discussão dos dados encontrados em Sales (2008). Insucessos deste tipo mostram o alto grau de dificuldade inerente à recuperação de áreas degradadas no Bioma Caatinga.

No citado estudo, Sales (2008) tentou recuperar a cobertura arbórea de uma área degradada (Figura 1) localizada na Fazenda Experimental NUPEARIDO, pertencente à Universidade Federal de Campina, Patos, PB, Brasil. Esta área apresentava erosão laminar e por sulcos, e exposição de camadas subsuperficiais do solo. Além disto, caracterizava-se pela ausência de indivíduos regenerantes de espécies arbóreas, presença de três exemplares arbóreos adultos de jurema preta (*Mimosa tenuiflora*

(Willd.) Poiret), predominância de duas espécies de malva (*Sida cordifolia* L. e *Sida* sp.) no estrato arbustivo, e estrato herbáceo (basicamente capim panasco – *Aristida adscensionis* L.) incipiente ou ausente devido ao superpastejo de caprinos e ovinos por mais de 30 anos. No conjunto, estes indicadores caracterizam um processo de sucessão regressiva (ARAÚJO FILHO & CARVALHO 1996), em que a sucessão ecológica não atingirá o clímax original, em que predominava o componente arbóreo, ou se estenderá por um período mais longo se comparado com o normalmente observado na região.



**Figura 1.** Aspecto da área degradada experimental com erosão e exposição de camada subsuperficial do solo.

Segundo os critérios adotados por Brito (2010), os solos apresentavam-se com acidez entre média e alta, com teores médios de  $\text{PO}_4^{-3}$ , altos de  $\text{K}^+$ , baixos de  $\text{Na}^+$ , baixos de  $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$ , entre médios e baixos de  $\text{Ca}^{2+}$  e entre altos e médios de  $\text{Mg}^{2+}$ . Ainda pelos mesmos critérios, a soma de bases (S) era considerada de boa a média, a capacidade de troca catiônica (CTC) e a saturação por bases (V) encontravam-se no nível bom, e a matéria orgânica (MO) em nível baixo (i.e.: menos de  $10 \text{ g.dm}^{-3}$ ). Estes dados sugerem que as propriedades físicas, mais do que as químicas, devem constituir uma limitação maior à recuperação da área. Valores para a capacidade de campo, ponto de murcha permanente e densidade global e de partículas de 11,54%, 5,25%,  $1,55 \text{ g.cm}^{-3}$  e  $2,57 \text{ g.cm}^{-3}$ , respectivamente, reportados por Nunes (2012) para a mesma área, dão um indicativo dos atributos físicos da área experimental.

### **Condições experimentais e resultados observados**

Sales (2008) relata que a área degradada foi cercada para não permitir a entrada de animais, e o solo (0 a 10 cm) das parcelas foi revolvido, destorroado, regularizado e enriquecido ou não com esterco bovino, à razão de  $120 \text{ m}^3$  de esterco. $\text{ha}^{-1}$  (Figura 2). Após estes procedimentos, procedeu-se a semeadura conjunta de quatro espécies florestais nativas em meados de março de 2006, exceto nas parcelas testemunhas. As

mesmas ações foram realizadas em parcelas adjacentes em área igualmente degradada em que o pastejo ovino e caprino foi mantido.

Foram adicionadas, às parcelas, sementes das espécies arbóreas pioneiras jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret) e catingueira (*Poincinella pyramidalis* L. Queiroz), e das secundárias craibeira (*Tabebuia áurea* Benth.) e angico (*Anadenanthera macrocarpa* Benth.), rústicas e adaptadas às condições de semi-aridez, indicadas para ocupação inicial e secundária de sítios da Caatinga (Lorenzi 1998; Maia 2004). A quantidade de sementes adicionada em cada parcela foi de 200, 50, 50 e 50 sementes (i.e.: 350 sementes em cada parcela de 0,25 m<sup>2</sup>), respectivamente, para *M. tenuiflora*, *P. pyramidalis*, *T. áurea* e *A. macrocarpa*, equivalentes a 14 milhões de sementes.ha<sup>-1</sup>.



**Figura 2.** Parcelas experimentais em que foram aplicados os tratamentos com e sem a adição de esterco bovino e com e sem a sementeira de sementes de quatro espécies florestais

Sales (2008) verificou a presença de plantas herbáceas em todas as parcelas experimentais, porém regenerantes de espécies arbóreas só foram observados nas parcelas que receberam as sementes das espécies arbóreas. Sementes de espécies florestais talvez estivessem presentes no banco de sementes e tenham germinado nas parcelas testemunhas na primeira estação chuvosa do período experimental (2006), mas nenhuma sobreviveu até maio de 2006, momento da primeira coleta de dados.

Não foi detectado efeito da adição de esterco no número de indivíduos das espécies arbóreas semeadas, dentro ou fora da área cercada. Este número decresceu para todas as espécies a partir da primeira contagem, 38 a 50 dias após a sementeira. O número médio de plântulas das quatro espécies arbóreas por parcela variou de 48 a 53 na área sem pastejo, e de 32 a 35 na área com pastejo, na primeira contagem, correspondendo, em média, de 9,2 a 15,2% do total das 350 sementes adicionadas. Considerando cada espécie, o número médio de indivíduos de jurema preta observado correspondeu a, no máximo, 3% do número de sementes adicionadas em cada parcela, 20% para a catingueira, 22% para o angico, e 59% para a craibeira. Esta espécie se destacou, constituindo a metade ou mais das plântulas das quatro espécies

observadas em cada parcela no primeiro ano, apesar de participar apenas com 1/7 das sementes adicionadas.

Em novembro do primeiro ano, nas parcelas sem pastejo, a craibeira persistia como a mais numerosa (13 a 18 plântulas por parcela), enquanto cada uma das demais espécies apresentava menos de duas plântulas por parcela. Nas parcelas sob o efeito do pastejo, a craibeira apresentava um a três indivíduos por parcela, e as demais espécies praticamente não foram observadas, podendo-se considerar que o pastejo eliminou os representantes das espécies arbóreas (Figura 3). Isto mostra o efeito negativo do pastejo na vegetação em geral e na regeneração de espécies arbóreas da Caatinga, em particular.

Nenhuma planta das espécies arbóreas presente no primeiro ano conseguiu sobreviver até a estação chuvosa do ano seguinte (2007). Em março de 2007 foram visualizados apenas novos indivíduos de jurema preta (em média três a cinco por parcela sem pastejo, e um por parcela sob pastejo), sendo estes, provavelmente, oriundos das sementes colocadas nas parcelas no ano anterior. Isto revela a estratégia da jurema preta de reservar parte das suas sementes para germinação no ano seguinte, embora nenhuma dessas novas plantas tenha conseguido sobreviver. Além disto, não foi verificada a emergência de novos indivíduos de jurema preta (ou de outra espécie arbórea) em março de 2008, sugerindo que sementes de jurema preta e das demais espécies permanecem no banco de sementes por duas e uma estação chuvosa, respectivamente. Além disto, constata-se que o insucesso no estabelecimento dos indivíduos das quatro espécies arbóreas aconteceu a despeito do isolamento da área, do revolvimento do solo e da adição de esterco e sementes em quantidade equivalente a 120 m<sup>3</sup> e 14 milhões de sementes.ha<sup>-1</sup>, respectivamente.



**Figura 3.** Detalhe de parcelas em que não foi permitido o acesso de caprinos e ovinos ainda com a presença de plântulas de espécies arbóreas, e parcelas expostas ao pastejo e sem a presença de plântulas, em agosto do primeiro ano (2006).

Verificou-se, posteriormente, a existência de uma camada compactada de solo a cerca de 30 cm de profundidade, o que pode explicar o insucesso no estabelecimento das plantas. Esta camada deve dificultar a infiltração da água e a penetração das raízes além dessa profundidade, prejudicando o desenvolvimento do sistema radicular e a

exploração de um volume maior de solo. A mortalidade dos indivíduos das espécies arbóreas pode ter sido provocada, também, pelo curto período (75 dias) entre a semeadura (segunda quinzena de março) e o final da estação úmida, que praticamente se encerrou em maio do primeiro ano (2006) (Tabela 1). Este período pode não ter sido suficiente para o desenvolvimento do sistema radicular e o acúmulo de reservas para que as plantas resistissem até a estação chuvosa subsequente. Porém, esta razão não deve ter sido decisiva para a alta mortalidade, pois, no ano seguinte, apesar do período mais longo de estabelecimento das plantas e dos 594,2 mm de precipitação, nos primeiros seis meses do ano, as novas juremas pretas também não foram capazes de se estabelecer. Resta, então, o elevado grau de degradação da área como a explicação mais plausível para o insucesso no estabelecimento de plantas de espécies florestais.

**Tabela 1.** Precipitação mensal registrada de 2006 a 2014

Mês	Precipitação (mm)								
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Jan	0,0	16,6	27,4	95,8	72,8	270,7	21,2	108,0	16,8
Fev	168,8	264,7	227,1	177,4	44,8	119,0*	103,2	2,4	55,8
Mar	244,1	50,1	491,6	304,4	25,0	118,5	17,2	30,0*	428,4
Abril	202,4	112,5	216,9	620,0	26,0	116,8	3,2	0,6*	123,4
Maio	128,8	43,1	187,4	272,8	0,0	137,2	4,8	6,2	108,2
Jun	23,4	8,3	14,0	34,6	43,2	8,0	18,4	87,8	9,4
Jul	0,2	2,9	15,6	14,2	1,2	32,4	1,8	11,6	6,0
Ag	0,0	1,2	2,2	30,6	0,4	2,8	0,0	0,2	6,4
Set	0,0	0,0	*	0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6
Out	15,3	0,0	*	15,2	44,0	19,2	0,0	0,0	13,0
Nov	1,3	0,0	*	10,6	1,0	26,8	0,0	26,2	19,8
Dez	83,2	94,8	*	19,4	93,2	0,0	0,0	121,0	60,6
Total	867,5	594,2	1182,2*	1595,0	351,6	851,4*	169,8	394,0*	849,4

**Fonte:** Embrapa Algodão. Patos - PB (2006-2008) e INMET (2009-2014).

\*Dados incompletos. Segundo o site <http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/monitoramentoPluviometria.do?metodo=listarAnosChuvvasAnuais>. O total anual da precipitação em Patos, baseado na estação meteorológica da EMBRAPA Algodão – Patos - PB, foi de 1365,7 mm, 888,9 mm e 379,6 mm em 2008, 2011 e 2013, respectivamente.

Sales (2008) acredita que o insucesso resultou do desconhecimento das exigências para o estabelecimento das plântulas, pois, ao final do terceiro ano, havia três espécimes jovens de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) DC) e 10 de jurema preta, provenientes de regeneração natural, na área protegida do pastejo e fora das parcelas experimentais. Isto mostra que havia na área a presença de propágulos destas espécies (Figura 4) e as condições para o seu estabelecimento. Porém, a regeneração dessas e de outras espécies

arbóreas continuou ausente na área com a presença de ovinos e caprinos. É interessante determinar quais os fatores, além da retirada dos animais, que possibilitaram o estabelecimento dessas mudas, para reproduzi-los e estabelecer com maior sucesso indivíduos de espécies arbóreas em áreas degradadas, a partir da adição de sementes.



**Figura 4.** Detalhe de uma jurema preta em fase final de frutificação e da serapilheira com frutos maduros liberados de sua copa

Sales (2008) ressaltou que mesmo os menores valores médios não nulos de plantas de espécies arbóreas por parcela, em meados de novembro do primeiro ano (0,7 ou 0,2 indivíduos, respectivamente em parcelas protegida ou não do pastejo), equivalem a 28.000 ou 8.000 plantas.ha<sup>-1</sup>. Bakke et al. (2006) constataram, em área pastejada de Caatinga, rica em juremas pretas adultas e regenerantes, a emergência de até 58.000 indivíduos.ha<sup>-1</sup> na estação das chuvas, e um estoque de 3.700 plantas.ha<sup>-1</sup> ao final do período seco do ano. Percebe-se, agora, que a quantidade de sementes de jurema preta adicionada na área degradada, em cada parcela experimental ou adjacente, foi suficiente para resultar em relativamente mais plântulas do que os valores relatados na literatura para o final do período seco do ano (8000 a 28000 vs 3700). Porém, o nível de degradação era tal que o revolvimento e adição de esterco não foram suficientes para garantir a sobrevivência das mesmas. Certamente, esta argumentação pode ser estendida para as demais espécies arbóreas.

### **Considerações finais**

As informações reunidas neste capítulo resultam de dados coletados em uma área degradada do município de Patos, PB, na qual se considerou o restabelecimento de mudas de espécies arbóreas provenientes de regeneração natural e da adição de sementes. A rigor, servem estritamente para as condições em que se desenvolveu o estudo, porém alguns dados podem ser generalizados para áreas de Caatinga com níveis semelhantes de degradação e que a não recomposição da vegetação resulte da ação de um ou mais fatores identificáveis e controláveis, como cortes sucessivos da vegetação lenhosa e superpastejo.

Quando a pressão desses fatores é controlada, o processo de recuperação se inicia pelo aumento da cobertura herbácea do solo. Nas condições deste estudo, estas

espécies recobriram mais de 90% da superfície do solo em 30 meses após a retirada dos animais. Porém, a regeneração natural do estrato arbóreo é lenta e se caracteriza pelo estabelecimento de alguns representantes de poucas espécies, que apresentam crescimento lento devido às condições adversas presentes na área.

A tentativa de aceleração do processo de recuperação do estrato arbóreo pela adição de sementes em parcelas experimentais mostrou-se ineficiente, pois nenhum indivíduo arbóreo conseguiu se estabelecer apesar do investimento em sementes e esterco, equivalentes à adição de 14 milhões de sementes e 120 m<sup>3</sup> de esterco por hectare, respectivamente. Assim, são necessárias ações adicionais para possibilitar o estabelecimento e crescimento significativos de indivíduos de espécies arbóreas.

Neste contexto, conclui-se que a atividade humana no Bioma Caatinga deve ser executada de maneira equilibrada de modo a evitar danos ambientais, pois a recuperação de áreas degradadas é um processo lento e de resultados incertos.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a Ignácio Hernán Salcedo, pela discussão inicial e suporte financeiro, e à CAPES, pela bolsa de estudo oferecida a FCV Sales.

## Referências

ARAÚJO FILHO JA, CARVALHO FC. 1996. Desenvolvimento sustentado da Caatinga. In: Alvarez VH, Fontes LEF, Fontes MP. (eds.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, Soc. Bras. Ciência Solo/Univ. Federal de Viçosa/Dept. Solo. p. 125-133.

BAKKE IA, BAKKE OA, ANDRADE AP, SALCEDO IH. 2006. Regeneração natural da jurema preta em áreas sob pastejo de bovinos. **Revista Caatinga** 19(3): 228-235.

BRITO MTLA. 2010. **Avaliação espacial de atributos químicos do solo no semiárido**. 2010. Monografia (Graduação em Engenharia florestal). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos, Paraíba, Brasil.

LORENZI H. 1998. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, Instituto Plantarum de Estudos da Flora, vol. 2, p. 92.

MAIA GN. 2004. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. 1st. edn. São Paulo, D&Z Computação Gráfica e Editora.

NUNES ST. 2012. **Recuperação de áreas degradadas da Caatinga com as espécies nativas jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) com e sem acúleos e**

**favela (*Cnidocolus quercifolius*) com e sem espinhos.** 2012. 73f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos, Paraíba, 2008.

SALES FCV. 2008. **Revegetação de área degradada da Caatinga por meio da semeadura ou transplante de mudas de espécies arbóreas em substrato enriquecido com matéria orgânica.** Dissertação (Mestrado em Sistemas Agrossilvipastoris no Semiárido). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos – PB, Brasil.

# 9

## Desempenho de duas espécies arbóreas nativas plantas em área degradada da Caatinga

*Olaf Andreas Bakke<sup>1</sup>*

*Ivonete Alves Bakke<sup>1</sup>*

*Juliana Matos Figueiredo<sup>1</sup>*

*Shirley Tavares Nunes<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal/Centro de Saúde e Tecnologia Rural/Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Patos - PB, Brasil. CP.: 69. CEP.: 58700-970

### Introdução

Considerando a dificuldade do estabelecimento de plântulas de espécies arbóreas em áreas degradadas da Caatinga, o plantio de mudas pode ser uma alternativa para acelerar a recuperação do estrato arbóreo nesses sítios. Neste sentido, Figueiredo et al. (2012) e Nunes (2012) consideraram o plantio de mudas de jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret) e faveleira (*Cnidoscolus quercifolius* Pohl.) em áreas degradadas. Estes trabalhos foram a fonte dos dados primários relatados a seguir.

A jurema preta é uma leguminosa arbórea aculeada pioneira da Caatinga, produtora de lenha de alto poder calorífico e forragem (folhas, ramos finos e frutos) apreciada pelos animais de criação; a faveleira é uma euforbiácea lenhosa colonizadora de sítios inóspitos da Caatinga, cujas folhas secas e sementes oleaginosas constituem alimento apreciado pelos animais (Lima, 1996). Populações nativas apresentam, em média, 17% de juremas pretas sem acúleos (inermes) e raros exemplares de faveleira inerme (Candeia, 2005). Este caráter recessivo, provavelmente relacionado a vários pares de alelos, pode ser fixado pela produção de sementes em plantios de indivíduos inermes (Arriel et al., 1995, 2000; Bakke et al., 1995). Mudanças inermes de faveleira podem ser produzidas, também, assexuadamente (Marques, 2007), obtendo-se 85% de sucesso na enxertia por garfagem (Sales et al., 2008).

No ensaio relatado por Figueiredo et al. (2012) e Nunes (2012), as mudas dos dois fenótipos de jurema preta e de faveleira foram produzidas em sacos de 4 L e plantadas no campo aos 140 dias após a semeadura, no início da estação das chuvas. No campo,

estas mudas permaneceram protegidas do pastejo durante o período experimental de 30 meses.

As mudas foram plantadas em covas de 40 cm x 40 cm x 40 cm, enriquecidas com esterco e fertilizantes (sulfato de amônia, superfosfato simples e cloreto de potássio) e dispostas no espaçamento de 2 m x 2 m. Segundo Figueiredo et al. (2012), as quantidades de esterco e de fertilizantes necessárias para a produção e plantio das 2.500 mudas de cada hectare no espaçamento acima indicado foram equivalentes a 15.225 kg de esterco, 0,20 kg de N, 9,45 kg de  $P_2O_5$  e 10,83 kg de  $K_2O$ , as quais ficaram concentradas no ambiente das covas.

Parcelas testemunhas (sem o plantio de espécies arbóreas, sem a adição de esterco e fertilizantes, protegidas ou não do pastejo) foram locadas e serviram para a coleta de dados para comparação com as que receberam as mudas de jurema preta e faveleira.

### **Sobrevivência das mudas**

Após três estações de crescimento referentes aos anos de 2009, 2010 e 2011, a sobrevivência foi menor para a jurema preta com acúleos (88% vs. 95%), porém, superou a sobrevivência relatada por Sales (2008) (36,2%) para mudas desta espécie plantadas em área degradada semelhante, por Bakke et al. (2006) (<22%), para plântulas de regeneração natural desta espécie em área com a presença de jurema preta, e por Sales (2008) (0%), após a semeadura do equivalente a 8 milhões de sementes de jurema preta por hectare, em área degradada cujo solo foi melhorado física e organicamente. Isto mostra a vantagem do plantio de mudas em relação à semeadura e à regeneração natural. Mostra, também, que mudas de jurema preta respondem positivamente ao tamanho do recipiente em que são produzidas e da cova em que são plantadas, bem como à adição de esterco e fertilizantes, pois Sales (2008) produziu as mudas em tubetes de 0,3 L, e estas foram plantadas em covas de 30 cm x 30 cm x 30 cm, enriquecidas com 5 L de esterco e sem adição de fertilizantes.

A sobrevivência das mudas de faveleira, com e sem espinhos, foi de 90% e 63%, respectivamente, indicando que o fenótipo sem espinhos se mostrou mais susceptível ao estresse no campo. A menor sobrevivência já poderia ter sido prevista por conta do menor porte das mudas inermes no momento do plantio. Clement (1997) relatou este mesmo comportamento para a pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) inirme como resultado de depressão endogâmica. Este autor explica que este efeito tende a ser tanto mais deletério quanto mais pares de alelos forem necessários para expressar a característica, pois maior será o grau de homozigose da planta.

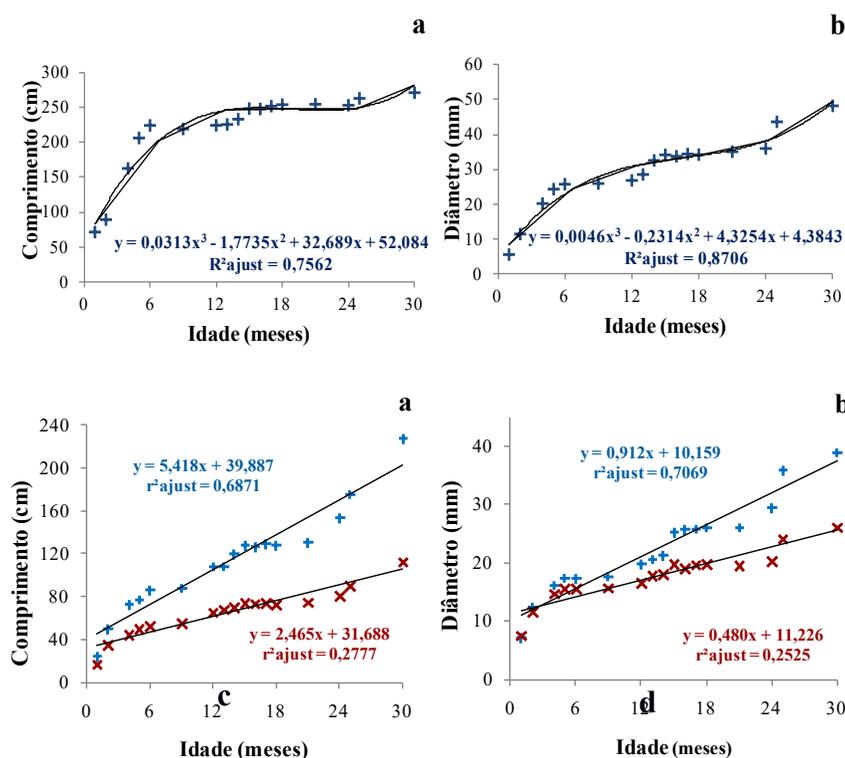
## Comprimento e diâmetro basal

A diferença na sobrevivência entre os dois fenótipos de jurema preta não se refletiu em crescimento diferenciado, enquanto para a faveleira o crescimento foi menor para o fenótipo sem espinhos, justamente o que mostrou menor índice de sobrevivência. O comprimento e diâmetro basal médios no início do experimento foram semelhantes para as juremas pretas com e sem acúleos (71,5 cm e 5,6 mm, respectivamente), e diferenciados para as faveleiras com e sem espinhos (24,5 e 16,9 cm, para a altura, e 7,2 e 7,5 mm para o diâmetro basal, respectivamente).

Em 30 meses de crescimento no campo, as juremas pretas com e sem acúleos aumentaram o comprimento e diâmetro basal de maneira semelhante (Figuras 1a e 1b), e, para a faveleira, o incremento foi menor para o fenótipo inerme (Figuras 1c e 1d). A intensidade de crescimento diminuiu na segunda (2010) e terceira (2011) estações de crescimento, talvez pela reduzida precipitação em 2010 (351,6 mm) (Tabela 1) ou pela competição entre plantas e redução do estoque de um ou mais nutrientes no solo. Os baixos valores de  $r^2$  ( $<0,28$ ) das equações de crescimento da faveleira sem espinhos (Figuras 1c e 1d) indicam heterogeneidade nessa população. Assim, há margem para o melhoramento genético visando aumentos na altura e diâmetro da faveleira em geral e do seu fenótipo inerme em particular.

Após 30 meses de crescimento, as médias de comprimento e diâmetro basal da jurema preta foram 271,04 cm/planta e 48,20 mm/planta, respectivamente, um incremento de 199,37 cm na altura e de 42,57 mm no diâmetro basal. Para a faveleira, os respectivos valores médios para comprimento e diâmetro basal foram 227,8 cm e 39,03 mm, para as plantas com espinhos (i.e., incrementos de 203,28 cm e 31,80 mm, respectivamente), e 112,48 cm e 26,12 mm para as plantas sem espinhos (incrementos de 95,58 cm e 18,57 mm, respectivamente).

Estes valores para a jurema preta superaram os relatados por Bakke (2005) para essa espécie aos 36 meses de idade, desenvolvendo-se em plantios adensados em áreas não degradadas. Esta superioridade ocorreu, certamente, devido ao intenso pastejo caprino intencional por alguns dias e à poda anual, considerados naquele estudo.



**Figura 1.** Curvas e modelos de regressão relacionando o comprimento e o diâmetro basal da jurema preta (a e b) e faveleira (c e d) com (+) e sem (x) espinhos, entre fevereiro de 2009 (x=1) e julho de 2011 (x=30), plantadas em área degradada de Caatinga, na fazenda NUPEÁRIDO, Patos (PB), Brasil. Fonte – Nunes (2012)

**Tabela 1.** Precipitação mensal registrada de 2006 a 2014

Mês	Precipitação (mm)								
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Jan	0,0	16,6	27,4	95,8	72,8	270,7	21,2	108,0	16,8
Fev	168,8	264,7	227,1	177,4	44,8	119,0*	103,2	2,4	55,8
Mar	244,1	50,1	491,6	304,4	25,0	118,5	17,2	30,0*	428,4
Abril	202,4	112,5	216,9	620,0	26,0	116,8	3,2	0,6*	123,4
Mai	128,8	43,1	187,4	272,8	0,0	137,2	4,8	6,2	108,2
Jun	23,4	8,3	14,0	34,6	43,2	8,0	18,4	87,8	9,4
Jul	0,2	2,9	15,6	14,2	1,2	32,4	1,8	11,6	6,0
Ag	0,0	1,2	2,2	30,6	0,4	2,8	0,0	0,2	6,4
Set	0,0	0,0	*	0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6
Out	15,3	0,0	*	15,2	44,0	19,2	0,0	0,0	13,0
Nov	1,3	0,0	*	10,6	1,0	26,8	0,0	26,2	19,8
Dez	83,2	94,8	*	19,4	93,2	0,0	0,0	121,0	60,6
Total	867,5	594,2	1182,2*	1595,0	351,6	851,4*	169,8	394,0*	849,4

Fonte: Embrapa Algodão. Patos – PB (2006-2008) e INMET (2009-2014). \*Dados incompletos. Segundo o site <http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/monitoramentoPluviometria.do?metodo=listarAnosChuvadasAnuais>. O total anual da precipitação em Patos, baseado na estação meteorológica da EMBRAPA Algodão – Patos - PB, foi de 1365,7 mm, 888,9 mm e 379,6 mm em 2008, 2011 e 2013, respectivamente.

Uma comparação mais interessante, porém, pode ser feita com os dados reportados por Sales (2008). Este autor conseguiu apenas 2/3 da altura e metade do diâmetro basal para a jurema preta aos 39 meses em área degradada semelhante. Neste caso, a explicação para o menor porte relatado por este autor deve-se à utilização de recipientes menores para a produção de mudas (0,3 L), covas de dimensões modestas (30 cm x 30 cm x 30 cm), esterco adicionado com parcimônia às covas (5 L) e sem a aplicação de fertilizantes químicos.

Estas mesmas condições de produção de mudas, dimensões da cova, adição de esterco e sem fertilização química foram relatadas por Candeia (2005) e, certamente, também servem para explicar o menor crescimento da faveleira até o 21º mês se comparado ao relatado no parágrafo anterior (praticamente a metade da altura e do diâmetro basal).

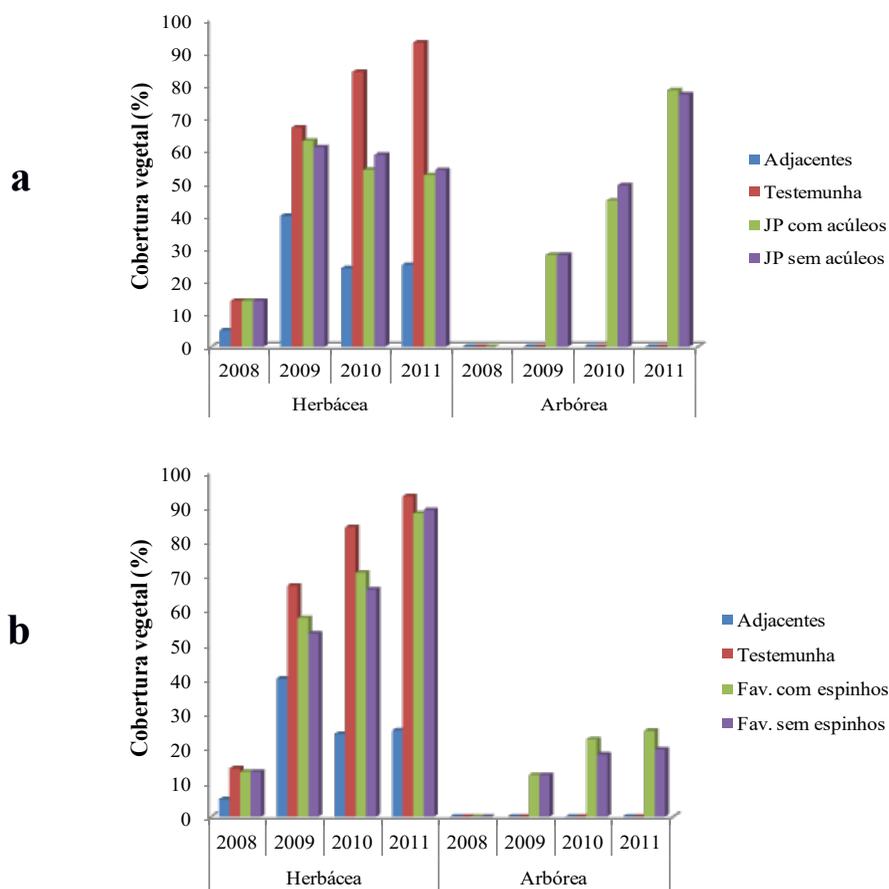
Reflorestamentos com jurema preta com acúleos, em Limoeiro do Norte - CE (APNE, 2008), apresentaram alturas de 3,6, 3,2 e 4,2 m, aos 36, 48 e 60 meses de idade, respectivamente. Estas juremas se desenvolveram em áreas não degradadas em espaçamentos variando de 1,5 m x 3 m a 3 m x 3 m. Pode-se acreditar que o crescimento das juremas pretas em área degradada se aproxime destes valores, indicando que esta espécie pode crescer bem em áreas antropizadas, desde que receba condições adequadas no viveiro e no campo.

Além disto, o plantio de jurema preta acelerou o processo de recomposição da cobertura arbórea do solo, quando comparado ao lento processo de regeneração natural observado em áreas degradadas de Caatinga (Sales, 2008) ou não (Souza, 2000). Em contraste com o potencial de produção relativamente menor normalmente associado à região semiárida do nordeste do Brasil, os dados reportados por Figueiredo et al. (2012) e Nunes (2012) mostraram, também, que o crescimento inicial da jurema preta e da faveleira é comparável ou superior ao de outras espécies florestais em áreas degradadas do Cerrado e de Minas Gerais (Silva, Corrêa, 2008; Faria et al., 1997).

## **Cobertura vegetal do solo**

### **Cobertura do solo pelo estrato herbáceo**

O percentual inicial de cobertura vegetal da superfície do solo era de 5% em novembro de 2008, em parcelas adjacentes (Figura 2) localizadas fora das áreas experimentais (Figueiredo et al., 2012; Nunes, 2012). Esta cobertura era formada de plantas herbáceas não consumidas pelos animais, principalmente de duas espécies de malva.



**Figura 2.** Cobertura herbácea e arbórea em setembro de 2008, e março de 2009, 2010 e 2011, nas parcelas adjacentes pastejadas, e parcelas não pastejadas testemunha e com plantio de jurema preta (JP) com e sem acúleos (a) e faveleira com e sem espinhos (b), em área degradada de Caatinga, na Fazenda NUPEÁRIDO, Patos (PB), Brasil. Fonte – Nunes (2012)

No início das três estações úmidas seguintes, relativas aos anos 2009, 2010 e 2011, a cobertura herbácea nessas parcelas adjacentes foi para 40, 24 e 25%, respectivamente, como resultado das condições de umidade do solo, proveniente da precipitação (Tabela 1). Porém, a cobertura arbórea do solo permaneceu nula.

Nas parcelas testemunhas (protegidas do pastejo e sem o plantio de espécies arbóreas), a cobertura herbácea aumentou de 14%, em novembro de 2008, para 67, 84 e 93% em março de 2009, 2010 e 2011, respectivamente, no início das três estações úmidas seguintes à retirada dos animais. Porém, à semelhança do verificado nas parcelas adjacentes, em que o pastejo foi mantido, a cobertura arbórea permaneceu nula, mostrando que a regeneração natural de espécies arbóreas nestas áreas degradadas está prejudicada com ou sem a presença de animais. É verdade que, ao final de 30 meses, havia algumas juremas pretas provenientes de regeneração natural fora das parcelas e nos limites internos da área cercada, mas apresentavam desenvolvimento modesto e contribuíam pouco para a cobertura do solo, se comparada à propiciada pelas juremas pretas plantadas.

Cobertura herbácea semelhante à das parcelas testemunhas até a segunda estação de crescimento (67% em março de 2010) foi registrada em área de Caatinga sucessiona (Araújo Filho et al., 1982), enquanto a cobertura observada em 2011 (93%) superou as médias encontradas por estes autores, mostrando que o isolamento beneficia a cobertura herbácea do solo em geral, e de áreas degradadas em particular.

As parcelas com jurema preta com e sem acúleos protegidas do pastejo apresentaram cobertura herbácea semelhante, partindo de um patamar em torno de 14% (Figura 2a) e superando 60% de cobertura do solo na primeira estação de crescimento (março de 2009), valor semelhante aos 67% de cobertura herbácea verificados nas parcelas testemunhas. Porém, nas duas estações de crescimento seguintes, a cobertura herbácea sob as juremas pretas tendeu a estabilizar abaixo de 60%, ao contrário do verificado nas parcelas sem o plantio de juremas pretas (84 e 93%).

Este declínio na cobertura herbácea pode ter resultado do sombreamento do solo pelas copas das juremas pretas, como será visto adiante. Araújo Filho (1992) e Araújo Filho et al. (1982) defendem o componente arbóreo em área de pastagens recobrando 30 a 40% do solo, quando, então, a produção do estrato herbáceo não é prejudicada e os animais são beneficiados pela sombra e a forragem das árvores. Além disto, o processo de ciclagem de nutrientes é acelerado, e outros produtos florestais, como a lenha, ficam disponíveis para o produtor rural. Porém, estudos adicionais são necessários para afirmar qual o fator ou fatores responsáveis pela redução da cobertura herbácea sob a copa da jurema preta.

A cobertura herbácea foi semelhante sob a copa das faveleiras com e sem espinhos, partindo de, aproximadamente, 13%, e aumentando para 55, 68 e 89% nas três estações de crescimento seguintes, comportamento semelhante ao verificado nas parcelas testemunhas protegidas do pastejo (Figura 2b). Isto contrasta com o efeito negativo na cobertura herbácea sob as copas das juremas pretas. Isto pode resultar da estrutura vertical de faveleiras jovens, que gera menor sombreamento do que o resultante da copa das juremas pretas formada de ramos inclinados.

### **Cobertura do solo pelas copas das espécies arbóreas**

A cobertura arbórea inicial era ausente em todas as parcelas, e assim continuou nas parcelas adjacentes sob pastejo e nas parcelas testemunhas sem pastejo, durante os 30 meses de acompanhamento. Em contraste, a cobertura arbórea aumentou nas parcelas em que houve o plantio de jurema preta (28, 47 e 78%) ou faveleira (12, 20 e 22%), respectivamente, no início das três estações de crescimento seguintes. A cobertura do solo pelas copas das juremas pretas atingiu valores semelhantes aos encontrados em áreas de Caatinga nativa (Schacht, 1987 *apud* Araújo Filho et al., 2002; Palácio, 2011), ao passo que a cobertura do solo propiciado pelas copas das faveleiras ficou próxima aos recomendados para proporcionar sombra aos animais sem prejudicar o estrato herbáceo (Araújo Filho, 1992; Araújo Filho & Carvalho, 1997; Araújo Filho et al., 2002).

## **Produção de biomassa forrageira herbácea**

Figueiredo et al. (2012) e Nunes (2012) relataram produção de forragem herbácea equivalente entre 1.750 e 3.780 kg de MS.ha<sup>-1</sup> nas parcelas testemunhas sem o plantio de espécies arbóreas. Nas parcelas com a jurema preta, a produção de forragem herbácea variou de 1.200 a 4.600 kg de MS.ha<sup>-1</sup> e tendeu a ser menor do que nas parcelas testemunhas a partir da segunda estação de crescimento. Provavelmente, isto ocorreu pelo sombreamento acima de 60% a partir da segunda estação de crescimento. Nas parcelas com a faveleira, a produção de forragem variou de 2.178 a 5.675 kg de MS.ha<sup>-1</sup> e tendeu a superar a das parcelas testemunhas em todos os anos, sugerindo um nível adequado de sombreamento do solo por suas copas.

Estes valores de produção de biomassa forrageira herbácea abrangem os observados em áreas de Caatinga com cobertura arbórea entre 5% (4.265,9 kg de MS.ha<sup>-1</sup>) e 40% (3.631,9 kg de MS.ha<sup>-1</sup>) e que receberam adubação mineral e orgânica (Rocha & Araújo Filho, 2009), são inferiores ao relatado por Ydoyaga-Santana et al. (2011) (6.454 kg de MS.ha<sup>-1</sup>) em Caatinga arbórea arbustiva enriquecida com gramíneas, e superam, em média, os relatados por Moreira et al. (2006) em áreas pastejadas de Caatinga (452 a 1.369 kg de MS.ha<sup>-1</sup>).

## **Produção de biomassa forrageira arbórea**

Além de contribuir para o enriquecimento da pastagem como leguminosa arbórea fixadora de nitrogênio (Cândido et al., 2005; Dias et al., 2007), a jurema preta pode ter seus ramos finos ( $\varnothing < 1$  cm) cortados para reduzir o sombreamento sobre o estrato herbáceo para patamares recomendados na literatura e fornecer forragem para ruminantes (Cordão, 2011; Cordão et al., 2013). Este procedimento foi realizado por Nunes (2012), na terceira estação de crescimento (maio de 2011). Nesta ocasião, os ramos finos da jurema preta foram podados para reduzir à metade o sombreamento do solo. A biomassa arbórea desta poda foi semelhante entre as juremas pretas com e sem acúleos (3.326 vs. 3.263 kg de MS.ha<sup>-1</sup>, respectivamente), e equivale a uma produção anualizada de, aproximadamente, 1.100 kg de MS.ha<sup>-1</sup>, considerando que o corte aconteceu na terceira estação de crescimento. Assim, a produção total de forragem (herbácea e arbórea) nas parcelas com jurema preta, em 30 meses, foi de 5.185,84 kg de MS.ha<sup>-1</sup>, superior à produção total de 3.780 kg de MS.ha<sup>-1</sup>, verificada, no mesmo período, nas parcelas testemunhas sem o plantio de espécies arbóreas.

Ydoyaga-Santana et al. (2011) relataram produção de 3.495 kg de MS.ha<sup>-1</sup> de forragem arbustiva-arbórea (ramas de  $\leq 0,6$  mm presentes até 2 m de altura) em Caatinga enriquecida com 2 gramíneas, enquanto Oliveira (1996) (1.000 a 3.000 kg de MS.ha<sup>-1</sup>) e Moreira et al. (2006) (1.369 kg de MS de biomassa disponível .ha<sup>-1</sup> das espécies arbustiva-arbóreas) relataram produções anuais inferiores em área de Caatinga. Estes dados mostram ao mesmo tempo a variabilidade da produção de biomassa na Caatinga e o potencial de produção da jurema preta em resposta ao plantio em covas amplas e enriquecidas de esterco e fertilizantes.

Bakke et al. (2007) constataram diferença entre a produção de biomassa arbórea proveniente de ramos finos da jurema preta com (5.833 kg de MS.ha<sup>-1</sup>) e sem acúleos (4.108 kg de MS.ha<sup>-1</sup>), respectivamente, podadas anualmente em áreas não degradadas da Caatinga. Estes valores são superiores aos relatados por Nunes (2012), certamente devido à ausência de degradação da área em que o experimento destes autores estava localizado, à maior densidade de plantio (1 m x 1 m) e, principalmente, pela intensidade da poda (todos os ramos finos). A menor produção verificada na variedade sem acúleos por Bakke et al. (2007) pode ter sido resultado de ensaio anterior, em que estas plantas, especialmente as inermes, tiveram seus ramos finos consumidos por caprinos (Bakke, 2005).

### **Efeitos da poda dos ramos finos da jurema preta**

A poda de cerca da metade dos ramos finos da jurema preta, como relatada por Nunes (2012), pode resultar em alta mortalidade das plantas. Aparentemente, o fator determinante foi a baixa precipitação (169,80 mm) do ano seguinte à poda realizada em maio de 2011 (Tabela 1). Isto é sugerido pelos achados de Bakke et al. (2009). Estes autores observaram que juremas pretas nativas rebrotam vigorosamente após a primeira poda de 100% de seus ramos finos, em anos de precipitação anual de 770 mm. Corrobora esta hipótese com a alta mortalidade de juremas pretas e de outras espécies visualizadas em povoamentos nativos da Caatinga em 2012 e 2013, anos que apresentaram precipitação abaixo da média (Tabela 1).

Independentemente da causa da mortalidade das juremas pretas após a poda dos seus ramos finos, fica evidente a dificuldade de se recuperarem e reinserirem áreas degradadas da Caatinga ao sistema produtivo. O equilíbrio entre a intensidade da poda de seus ramos e a sua sobrevivência envolve muitos fatores, tais como a idade e o estágio vegetativo da planta, a quantidade de ramos retirados e a precipitação na estação de crescimento seguinte.

Estes fatores são difíceis de ajustar em regiões semiáridas, notadamente em seus sítios degradados, sendo recomendável seguir uma regra conservadora que respeite as condições extremas do clima. Neste sentido, e considerando apenas a precipitação anual, a expectativa de produção anual de forragem disponível para alimentação animal e o dimensionamento do rebanho não devem ser aqueles de anos de precipitação farta e regular. Neste caso, a poda dos ramos finos de espécies arbóreas em geral e da jurema preta em particular deve se limitar a uns poucos ramos, e o sombreamento excessivo resultante do desenvolvimento das copas deve ser evitado pela utilização de espaçamentos entre plantas maiores do que os 2 x 2 m, adotados por Sales (2008), Figueiredo et al. (2012) e Nunes (2012). Esses parâmetros devem ser objeto de estudos adicionais, caso se queira explorar a Caatinga em bases sustentáveis.

## Atributos químicos e físicos do solo

Os solos das áreas degradadas consideradas em Figueiredo et al. (2012) e Nunes (2012) eram franco-arenosos, com atributos químicos e físicos compatíveis com a região semiárida do nordeste do Brasil (Alvarez et al., 1999; Brito, 2010). Porém, merece destaque a variação nos teores de K, P e Matéria Orgânica (MO), e na disponibilidade de água do solo, no período de 30 meses de observação nas parcelas experimentais em que se testou o plantio das espécies arbóreas nativas jurema preta e faveleira.

### Variação no teor de K

O teor inicial de  $K^+$  no solo das parcelas experimentais era considerado alto (0,30 a 0,31  $cmol_c \cdot dm^{-3}$ ). Trinta meses após o plantio, o teor de K foi reduzido significativamente para 0,16, 0,17 e 0,21  $cmol_c \cdot dm^{-3}$ , respectivamente, nas parcelas testemunhas, com jurema preta e com faveleira, entrando na faixa de teores médios para este nutriente em um curto período de tempo, principalmente nas parcelas testemunhas e com jurema preta. Provavelmente, esta redução nos teores de K se deve principalmente pela transferência deste nutriente do solo para as plantas e imobilização temporária nos seus tecidos e serapilheira. A redução menos pronunciada de  $K^+$  nas parcelas com faveleira deve resultar do menor crescimento desta espécie, da menor imobilização de K nas suas estruturas, ou da rápida ciclagem de nutrientes da serapilheira presente sob a copa desta espécie. Estudos adicionais são importantes para determinar quando e em qual situação será necessária a adubação potássica do solo, uma ação geralmente inexistente na atividade florestal extrativista praticada na região de Caatinga.

### Variação no teor de P

Os teores iniciais de P disponível eram baixos em todas as parcelas. Isto é comum nos solos da região semiárida do nordeste do Brasil e é considerado um fator limitante ao crescimento das plantas. Os teores de P tenderam a diminuir nas parcelas testemunhas (de 7,86 para 4,57  $\mu g \cdot cm^{-3}$ ) no período de 30 meses, certamente devido a sua absorção e imobilização temporária nas plantas e na serapilheira. Mais do que o  $K^+$ , a necessidade de reposição de P nas parcelas sem espécies arbóreas parece ser uma realidade a ser enfrentada em sistemas de produção eventualmente praticados na região.

Há indícios de que a situação pode ser diferente na presença de espécies arbóreas, pois nas parcelas com jurema preta ou faveleira os teores de P disponível aumentaram. Segundo os critérios adotados por Alvarez et al. (1999), passaram de baixo para médio entre 2008 e 2011: de 6,68 para 16,50 e de 9,22 para 22,49  $\mu g \cdot cm^{-3}$  nas parcelas com jurema preta e faveleira, respectivamente.

Estudos adicionais devem ser realizados para determinar quais os fatores introduzidos com a jurema preta e a faveleira que aumentaram a disponibilidade de P e que continuaram ausentes nas parcelas testemunhas. Como os solos da região

se originam de material que tem P em sua constituição e que este nutriente se torna disponível para as plantas via intemperização, pode-se supor que, comparado com a situação em que a regeneração se baseia apenas em plantas herbáceas, a maior quantidade de biomassa e a maior distribuição no solo do sistema radicular das espécies arbóreas resultem na liberação de uma maior quantidade de ácidos orgânicos. Estes, por sua vez, solubilizam mais P no solo do que o absorvido pelas plantas, aumentando a disponibilidade deste nutriente no solo. Estes dados corroboram os de Oliveira et al. (2008), que reportaram uma leve tendência de aumento de P no solo em uma área degradada em recuperação, enriquecida com a espécie arbórea *Corymbia citriodor* ( $3,77 \text{ mg.dm}^{-3}$ ), comparada a uma área similar degradada com pastagem ( $2,78 \text{ mg.dm}^{-3}$ ). Porém, estudos adicionais devem ser executados para elucidar os mecanismos supracitados.

### **Variação no teor de MO**

O teor de MO no solo permaneceu baixo ( $<15 \text{ g.dm}^{-3}$ ) nos 30 meses de coleta de dados. Isto pode ter significado prático importante, pois indica baixa disponibilidade de nitrogênio no solo, o que limita a produção de biomassa (Sampaio, 2010). Porém, foram verificados pequenos acúmulos de MO no período, com uma leve tendência de ser menor nas parcelas sem o componente arbóreo. Nestas parcelas testemunhas, o teor de MO aumentou de 7,45 para 8,61  $\text{g.dm}^{-3}$ , enquanto naquelas com jurema preta aumentou de 8,30 para 10,22  $\text{g.dm}^{-3}$  e, nas com faveleira, de 6,59 para 10,46  $\text{g.dm}^{-3}$ . Com estes valores, Nunes (2012) estimou acúmulos de 2,32, 3,84 e 6,70 toneladas de MO na camada superficial (20 cm) do solo presente em cada hectare, respectivamente. Ainda de acordo com este autor, se estas quantidades forem somadas à MO da parte aérea das plantas herbáceas e arbóreas verificada ao final do período experimental (30 meses), os incrementos seriam de 5,82  $\text{t.ha}^{-1}$ , nas parcelas testemunhas, e maiores do que 8,34 e 11,40  $\text{t.ha}^{-1}$  nas parcelas com jurema preta e faveleira, respectivamente, considerando a biomassa não mensurada das copas destas espécies.

Qualquer que seja a situação, estes acúmulos de MO são significativos e importantes indicadores da recuperação de áreas degradadas no bioma Caatinga, reconhecidamente carentes deste componente. Gomes e Alves (2010) observaram uma leve tendência de acúmulo de MO em talhões de Caatinga manejada, 8 (MO = 1,7%) e 13 (MO = 1,9%) anos após corte raso, enquanto, em área não explorada, há pelo menos 40 anos, o teor de MO era de 2,5%. Estes valores, de acordo com Alvarez et al. (1999), estão na faixa mediana de acúmulo de MO no solo (15 a 30  $\text{g.dm}^{-3}$  de solo ou, equivalentemente, 1,5 a 3,0 % de MO no solo).

Nunes (2012) reportou, para as parcelas testemunhas (sem o plantio de espécies arbóreas), que os teores de MO no solo aumentaram de 0,74% para 0,86% em três estações de crescimento, o que equivale a um acréscimo de 0,12% em três anos ou o equivalente a 0,20% em cinco anos se a taxa de acúmulo permanecesse constante. Gomes e Alves (2010) relataram incremento semelhante da MO no solo em área de

Caatinga manejada entre oito e treze anos após corte raso. Seguindo o mesmo raciocínio utilizado para as parcelas testemunhas, Nunes (2012) estimou o aumento no teor de MO no solo em cinco anos nas parcelas com jurema preta e faveleira: 0,32 e 0,65%, respectivamente. Isto mostra que o plantio de espécies arbóreas pode ter um efeito positivo na taxa acumulação de MO no solo em área degradada.

Supondo que a taxa de acumulação de MO do solo se mantenha constante pelos próximos anos, e considerando que se deseje atingir 1,5% deste componente, limite mínimo para a classe mediana de MO no solo (Alvarez et al., 1999; Brito, 2010), pode-se especular que os teores aumentarão, nas parcelas testemunhas, de 0,86% para 1,50% em mais 16 anos, enquanto, nas parcelas com jurema preta ou faveleira, o tempo estimado será de, respectivamente, 7 a 8 ou 3 a 4 anos. Portanto, comparando com a presença de apenas plantas herbáceas, o plantio de jurema preta ou da faveleira abrevia à metade ou a um quarto o tempo necessário para o teor de MO no solo atingir 1,5%.

Além do acúmulo de MO do solo, deve-se considerar o acúmulo de MO da parte aérea das plantas. De acordo com os dados de Nunes (2012) referentes ao terceiro ano de observação, o acúmulo de MO na parte aérea das espécies herbáceas nas parcelas testemunhas atingiu, em média, 3,5 t.ha<sup>-1</sup>. Os respectivos valores médios de MO, na parte aérea das espécies herbáceas nas parcelas com jurema preta ou faveleira, foram 1,7 ou 4,7 t.ha<sup>-1</sup>. Nestas parcelas, há, também, o acúmulo de MO referente à parte aérea das plantas arbóreas, que foi coletada pela poda das ramas finas (2,8 t.ha<sup>-1</sup>), no caso da jurema preta, além da porção aérea remanescente da jurema preta ou total da faveleira.

Após três estações de crescimento, Nunes (2012) relatou um acúmulo total de 5,8 toneladas de MO.ha<sup>-1</sup> nas parcelas testemunhas (protegidas do pastejo e sem o plantio de espécies arbóreas), provenientes da MO do solo (2,32 t.ha<sup>-1</sup>) e da parte aérea das herbáceas (3,50 t.ha<sup>-1</sup>). O plantio de espécies arbóreas teve um efeito positivo adicional à retirada dos animais e à recuperação do estrato herbáceo, pois, segundos esses autores, nas parcelas com jurema preta, o total de MO superou 8,34 t.ha<sup>-1</sup>, provenientes do solo (3,84 t.ha<sup>-1</sup>), da parte aérea das plantas herbáceas (1,70 t.ha<sup>-1</sup>), das ramas finas podadas da jurema preta (2,80 t.ha<sup>-1</sup>) e de uma quantidade indeterminada remanescente nas copas das juremas pretas após a poda. Este efeito foi maior nas parcelas com faveleira, que apresentaram mais de 11,4 t de MO.ha<sup>-1</sup>, divididas entre a MO presente no solo (6,7 t x ha<sup>-1</sup>) e na parte aérea das espécies herbáceas (4,7 t.ha<sup>-1</sup>) e das faveleiras.

No entanto, estas tendências devem ser confirmadas em estudos adicionais de maior duração, bem como são necessários valores específicos para cada região, de modo a se ter uma visão clara quanto a este parâmetro em diversas condições.

## **Variação na CC e no PMP**

O padrão dos incrementos na Capacidade de Campo (CC) e no Ponto de Murcha Permanente (PMP), ao longo do período, relatados por Nunes (2012), indica que a água total disponível no solo para as plantas, entendida como a diferença entre o CC e o PMP (EMBRAPA, 2009), aumentou consistentemente nas parcelas com ou sem a presença de

espécies arbóreas, de um patamar inicial entre 5,7 e 6,3% para entre 8,23 e 8,54%. Isto equivale a um aumento entre 35 e 46% da água total disponível no solo em 30 meses em que a área degradada ficou protegida do pastejo e recuperando a sua cobertura herbácea e ou arbórea. Certamente, a capacidade de campo foi beneficiada pelo aumento da população da fauna edáfica e dos resíduos de raízes no solo (Dias et al., 2007).

## Considerações finais

As informações reunidas neste capítulo resultam de dados coletados em duas áreas degradadas do município de Patos, PB, e podem servir de base para outros estudos em áreas antropizadas em diferentes regiões do Bioma Caatinga. Estas informações, consideradas em conjunto, poderão dar uma visão mais completa sobre o tema recuperação ambiental.

Após a observação do insucesso no estabelecimento de indivíduos de espécies arbóreas em áreas degradadas baseado no isolamento da área, regeneração natural e adição de sementes em solo melhorado física e quimicamente, constatou-se a necessidade de ações mais concretas. Estas ações são, geralmente, de custos elevados, pois envolvem a produção e plantio de mudas, abertura de covas com adição de esterco e fertilizantes, plantio das mudas, tratos culturais, etc.

Verificou-se que é possível estabelecer indivíduos de jurema preta e faveleira, inermes ou não, em áreas degradadas, através do plantio de mudas, as quais respondem satisfatoriamente ao aumento das dimensões da cova de plantio e da quantidade de esterco e fertilizantes disponibilizados. Recomenda-se o plantio da jurema preta inerme, bem como o melhoramento genético da faveleira sem espinhos, tendo em vista o desempenho de cerca de 1/3 menor em relação ao do fenótipo com espinhos.

Nas condições aqui descritas, a jurema preta e a faveleira apresentaram sobrevivência satisfatória, e as suas copas podem recobrir cerca de 80% da superfície da área degradada em menos de dois anos, protegendo o solo e, para a faveleira, interagindo positivamente com o estrato herbáceo na produção de forragem.

A introdução de espécies arbóreas pode acelerar a recuperação ambiental, pois o acúmulo de matéria orgânica e a disponibilidade de P e água no solo foram maiores nas parcelas com jurema preta e faveleira do que naquelas aonde essas espécies não foram plantadas.

O sombreamento excessivo do solo pelas copas da jurema preta pode ser reduzido pela poda dos seus ramos finos com o objetivo de restabelecer a produção de forragem herbácea. Porém, isto pode resultar em alta mortalidade dos indivíduos lenhosos caso os níveis de precipitação do ano seguinte não sejam suficientes para compensar o estresse resultante dessa poda. Alternativamente, o sombreamento excessivo do solo pode ser evitado pela utilização de espaçamentos mais largos do que 2 m x 2 m para que cobertura do solo proporcionada pelas copas das juremas pretas não prejudique a produção forrageira herbácea e a poda dos seus ramos não seja necessária, ou seja, praticada em níveis mínimos.

A mortalidade acima relatada indica que o nível de exploração das plantas da Caatinga, principalmente em áreas degradadas, deve obedecer a um equilíbrio difícil de visualizar e prever, pois depende de eventos naturais e futuros, como a precipitação do ano seguinte. Assim, a atividade humana neste bioma deve se reger pelos anos de baixa precipitação, sob pena de tornar não sustentáveis os sistemas de produção praticados na região.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a Ignácio Hernán Salcedo, pela discussão inicial; ao CNPq, pelo apoio financeiro para a implantação e execução do projeto (processos 478672/2007-1 e 483478/2009-1) e à CAPES, pelas bolsas de estudo oferecidas aos dois últimos autores.

## Referências

ALVAREZ VH, NOVAIS RF, BARROS NF, CANTARUTTI RB, LOPES AS. 1999. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: Ribeiro AC, Guimarães PTG, Alvarez VH (eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, Univ. Federal de Viçosa. p.25-32.

APNE – Associação Plantas do Nordeste. 2008. **Avaliação dos plantios de jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Mart.) Benth.) da empresa Carbomil Química S.A. – Limoeiro do Norte - CE**. Projeto conservação e uso sustentável da Caatinga. Recife, fev. 2008, 18p.

ARAÚJO FILHO JA, CARVALHO FC. 1996. Desenvolvimento sustentado da Caatinga. In: Alvarez VH, Fontes LEF, Fontes MP. (eds.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, Soc. Bras. Ciência Solo/Univ. Federal de Viçosa/Dept. Solo. p. 125-133

ARAÚJO FILHO JA. 1992. **Manipulação da vegetação lenhosa da Caatinga para fins pastoris**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA/MARA/CNPC, Sobral - CE, 1992, 18p. (Circular Técnica 11).

ARAÚJO FILHO JA. 1985. Pastoreio múltiplo. In: **Simpósio sobre manejo de pastagem**, 7, 1985, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários “Luís de Queiroz”, 1985. p. 203-233.

ARAÚJO FILHO JA, CARVALHO FC. 1997. **Desenvolvimento sustentável da Caatinga**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA/MARA/CNPC Sobral - CE, 1997. 19 p. (Circular Técnica 13).

ARAÚJO FILHO JA, CARVALHO FC, GARCIA R, SOUSA RA. 2002. Efeitos da Manipulação da vegetação lenhosa sobre a produção e compartimentalização da fitomassa pastável de uma Caatinga sucessional. **Revista Brasileira de Zootecnia** 31(1): 11-19.

ARAÚJO FILHO JA, CRISPIM SMA. 2002. Pastoreio combinado de bovinos, caprinos e ovinos em áreas de Caatinga no nordeste do Brasil. In: **I Conferência Virtual Global sobre Produção Orgânica de Corte**, Corumbá-MS. **Anais...** Corumbá-MS: UnC, Concórdia, 2002.

ARAÚJO FILHO JA, GADELHAJA, MACIEL DF. 1982. Flutuações mensais na produtividade e valor nutritivo dos sítios ecológicos do sertão cearense. In: Universidade Federal do Ceará. **Estudos da pastagem nativa do Ceará**. Fortaleza, CE: BNB, p.33-45, 1982. (BNB. Estudos Econômicos e Sociais, 13).

ARRIEL EF, BAKKE AO, LEITE JP, ARAÚJO LVC, PAULO MCS. 2000. Ganho realizado da característica acúleos em jurema-preta (*Mimosa hostilis*), no segundo ciclo seletivo. In: **FOREST 2000**, Porto Seguro. Rio de Janeiro: Instituto Ambiental Biosfera, 2000. v.1. p.130. (**Resumos Técnicos**).

ARRIEL EF, BAKKE AO, SILVA APB. 1995. Estimativa da herdabilidade em jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret) para a característica ausência de acúleos. **Revista Brasileira de Genética** 18(3)(Supl.):128.

BAKKE IA. 2005. **Potencial de acumulação de fitomassa e composição bromatológica da jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret.) na região semiárida da Paraíba**. Tese. Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, Paraíba, Brasil.

BAKKE IA, BAKKE OA, ANDRADE AP, SALCEDO IH. 2006. Regeneração natural da jurema preta em áreas sob pastejo de bovinos. **Revista Caatinga** 19(3): 228-235.

BAKKE IA; BAKKE OA, ANDRADE AP, SALCEDO IH. 2007. Forage yield and quality of a dense thorny and thornless “jurema preta” stand. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 42(3): 341-347.

BAKKE IA, BAKKE OA, SALCEDO IH, ANDRADE AP. 2009. In situ fodder production of *Mimosa tenuiflora* under pruning in native caatinga tropical dry forest in Brazil. **Tropical Grasslands** 43: 178–187.

BAKKE OA, ARRIEL EF, LUCENA CMB, SILVA APB. 1995. Ocorrência de jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret) sem acúleos em populações nativas. **Revista Brasileira de Genética** 18(3): 129.

BRITO MTLA. 2010. **Avaliação espacial de atributos químicos do solo no semiárido**. 2010. Monografia (Graduação em Engenharia florestal). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos, Paraíba, Brasil.

CANDEIA BL. 2005. **Faveleira (*Cnidoscolus phyllacanthus* (Mart.) Pax et K. Hoffm.) inerme: obtenção de mudas e crescimento comparado ao fenótipo com espinhos**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Sistemas Agrossilvopastoris no Semiárido, Patos, Paraíba, Brasil.

CÂNDIDO MJD, ARAÚJO GGL, CAVALCANTE MAB. 2005. Pastagens no ecossistema Semiárido Brasileiro: atualização e perspectivas futuras. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ.

CLEMENT CR. 1997. Pupunha: recursos genéticos para a produção de palmito. **Revista Horticultura Brasileira** 15(supl): 186-191.

CORDÃO MA, BAKKE OA, PEREIRA GM, SILVA AMA, NÓBREGA GH, CAMPOS EM, PEREIRA HD, PEREIRA FILHO JM. 2013. Substitution of *Pennisetum purpureum* by *Opuntia ficus-indica* and *Mimosa tenuiflora* in the diet of lambs. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal** 14(4): 684-694.

CORDÃO MA. 2011. **Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) e ramos e frutos de jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret)) na alimentação de cordeiros Santa Inês**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Sistemas Agrossilvopastoris no Semiárido, Patos, Paraíba, Brasil.

DIAS PF, SOUTO SM, CORREIA MEF, RODRIGUES KM, FRANCO AA. 2007. Efeito de leguminosas arbóreas sobre a macrofauna do solo em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 37(1): 38-44.

EMBRAPA MILHO E SORGO. 2009. Cultivo do milho, Sistemas de Produção 2 ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 5ed. Set./2009. Disponível em [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_5\\_ed/glossario.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_5_ed/glossario.htm), 20/05/2015.

FARIA JMR, DAVIDE AC, BOTELHO SA. 1997. Comportamento de espécies florestais em área degradada com duas adubações de plantio. **Revista Cerne** 3(1): 25-44.

FIGUEIREDO JM, ARAÚJO JM, PEREIRA ON, BAKKE IA, BAKKE OA. 2012. Revegetation of degraded Caatinga sites. **Journal of Tropical Forest Science** **24**(3): 332-343.

GOMES EC, ALVES ES. 2010. Manejo florestal sustentável e biodiversidade - um estudo de caso/Influência do manejo florestal sobre as características físicas e químicas do solo. In: Garíglia MA, Sampaio EVSB, Cestaro LA, Kageyama PY. 2010. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro. p.287-291.

LIMA JLS. 1996. Plantas forrageiras das Caatingas: usos e potencialidades . EMBRAPA-CPATSA/PNE/RBG-Kew. Petrolina (PE). 1996, 43p.

MARQUES FJ. 2007. **Propagação sexuada e assexuada da faveleira (*Cnidocolus phyllacanthus* (Müll. Arg.) Pax & K. Hoffm.)**: subsídios para o seu cultivo como lavoura xerófila. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, CCA, Areia, PB, Brasil.

MOREIRA JN, LIRA MA, SANTOS MVF, FERREIRA MA, ARAÚJO GGL, FERREIRA RLC, SILVA GC. 2006. Caracterização da vegetação de Caatinga e da dieta de novilhos no Sertão de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **41**(11): 1643-1651.

NUNES ST. 2012. **Recuperação de áreas degradadas da Caatinga com as espécies nativas jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) com e sem acúleos e faveleira (*Cnidocolus quercifolius*) com e sem espinhos**. 2012. 73f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos, Paraíba, 2008.

OLIVEIRA CM, NAPPO ME, PASSOS RR, MENDONÇA AR. 2008. Comparação entre atributos físicos e químicos de solo sob floresta e pastagem. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal Ano VII**, n.12: 21p.

PALÁCIO HAQ. 2011. **Avaliação energética de microbacias hidrográficas do semiárido submetidas a diferentes manejos**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Fortaleza, Ceará, Brasil.

ROCHA MMC, ARAÚJO FILHO JA. 2009. Efeitos da adubação mineral e orgânica sobre a produção de fitomassa do estrato herbáceo em duas regiões do sertão Nordeste. **Agropecuária Científica no Semiárido** **5**: 22-29.

SALES FCV. 2008. **Revegetação de área degradada da Caatinga por meio da semeadura ou transplante de mudas de espécies arbóreas em substrato enriquecido com matéria orgânica.** Dissertação (Mestrado em Sistemas Agrossilvopastoris no Semiárido). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Patos, Paraíba, Brasil.

SALES FCV, BAKKE OA, ARRIEL EF, BAKKE IA. 2008. Enxertia da faveleira (*Cnidioscolus phyllacanthus*) sem espinhos. **Revista Ciência Rural** 38(5): 1443-1446.

SAMPAIO EVSB. 2010. Caracterização do bioma Caatinga - Características e potencialidades. In: Gariglio MA, Sampaio EVSB, Cestaro LA, Kageyama PY.(eds.). **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga.** Brasília, Serviço Florestal Brasileiro. p. 29-48.

SILVA LCR, CORRÊA RS. 2008. Sobrevivência e crescimento de seis espécies arbóreas submetidas a quatro tratamentos em área minerada no cerrado. **Revista Árvore** 32(4): 731-740.

SOUZA FM. 2000. **Estrutura e dinâmica do estrato arbóreo e da regeneração natural em áreas restauradas.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brasil.

YDOYAGA-SANTANA DF, LIRA MA, SANTOS MVS, FERREIRA MA, SILVA MJA, MARQUES KA, MELLO ACL, SANTOS DC. 2011. Caracterização da Caatinga e da dieta de novilhos fistulados, na época chuvosa, no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia** 40(1): 69-78.

# 10

## Recuperação de áreas degradadas por extração de piçarra no Rio Grande do Norte

*Alexander Silva de Resende<sup>1</sup>*

*Guilherme Montandon Chaer<sup>1</sup>*

*Eduardo Francia Carneiro Campello<sup>1</sup>*

*Khadidja Dantas Rocha de Lima<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Pesquisador Embrapa Agrobiologia - BR 465 km 07, Seropédica, RJ. CEP 23891-000, <sup>2</sup> Doutora em Ciência do Solo na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - BR 465 km 07, Seropédica, RJ. CEP 23891-000.

### Introdução

A Caatinga é o único bioma exclusivamente brasileiro cobrindo originalmente 9,92% do território nacional (844.453 Km<sup>2</sup>). É o principal bioma da Região Nordeste e o bioma semiárido mais biodiverso do mundo. Quase a totalidade do território nordestino-grandense (95%) está dentro dos domínios da Caatinga.

A produção de petróleo é uma das principais atividades econômicas do Rio Grande do Norte e, de acordo com dados publicados pela Agência Nacional do Petróleo (ANP), esse Estado é o maior produtor brasileiro desse recurso mineral em terra firme (ANP, 2012). Um impacto ambiental pontual, porém importante dessa atividade, é causado pela extração de piçarra, um material de subsolo composto principalmente por silte, areia e cascalho (estrutura semelhante ao saibro) e bastante demandado na construção civil para a construção de embasamentos. Especificamente na atividade petrolífera terrestre, a piçarra é usada, mormente, para a construção de acessos e de bases para instalação das estruturas de exploração e produção de petróleo e gás natural. Na região semiárida do Rio Grande do Norte, a piçarra origina-se de inúmeras jazidas abertas para atender essa e outras demandas de construção civil.

O processo de mineração da piçarra consiste na remoção da vegetação nativa juntamente com a raspagem do horizonte A do solo, seguido da extração da piçarra a uma profundidade que pode variar de 2 a 10 m. Ao final da atividade de mineração, a área deve ser recuperada para uma condição mais próxima possível da original.

O sucesso de um projeto de recuperação ecológica depende de um bom planejamento, adaptado à necessidade de cada área. A jazida exaurida a ser recuperada e suas particularidades precisam ser conhecidas no ano que antecede ao plantio. De modo geral, a recuperação ecológica das jazidas passa por diversas fases, que vão desde a reconformação topográfica do local, passando pela reintrodução de diásporos, propágulos e mudas de espécies vegetais adaptadas, até o monitoramento e confirmação da recuperação funcional do ecossistema. Todas essas etapas demandam níveis diferenciados de intervenção humana e, conseqüentemente, de custos.

## **Métodos**

### *Ordenamento da paisagem*

A paisagem de uma jazida de piçarra exaurida apresenta, geralmente, três componentes topográficos: bacias de inundação, taludes e áreas planas (Figura 1). As bacias de inundação são formadas por áreas mais profundas, que tendem a ficar alagadas nos períodos de maior precipitação. Dessa forma, o reordenamento da paisagem deve ser feito de modo a direcionar toda ou a maior parte do fluxo superficial da água da jazida para a formação de lagoas em uma ou duas dessas bacias. Esses reservatórios de água poderão servir para a dessedentação de animais ou irrigação de pequenas culturas, e para a irrigação após plantio das mudas, se assim for necessário.

Os taludes são áreas que separam a parte inundável da parte seca da jazida. No ordenamento das bacias de inundação devem ser construídos taludes com inclinação média de 30°, para minimizar a formação de processos erosivos e facilitar a revegetação. Na escolha das espécies para essa área deve-se levar em consideração a sua adaptação a ambientes mais úmidos e o seu porte, o qual não deve ser muito elevado, para evitar quedas dos taludes.

A área plana constitui-se de toda área da jazida não classificada como talude ou bacia de inundação. É nessa área que é feita a revegetação em maior escala. Normalmente, o solo nessas áreas apresenta-se compactado em função do trânsito de máquinas durante o processo de exploração da jazida, fato que pode demandar a escarificação do solo até cerca de 50 cm de profundidade anteriormente ao plantio de mudas que porventura venha a ser feito na área.



**Figura 1** - Vistas de jazidas de piçarra após o ciclo da extração minerária. Notar as bacias de inundação formadas nas cavas de mineração mais profundas e a falta de ordenamento da paisagem. Nas duas figuras abaixo são mostradas áreas planas. A vegetação nativa de Caatinga pode ser vista ao fundo de cada imagem. Fotos: Guilherme M. Chaer.

### *Análise do substrato das jazidas*

A análise química e física do substrato da jazida a ser recuperada é necessária para conhecer a sua fertilidade natural e possíveis restrições ao desenvolvimento vegetal. A caracterização química do substrato das seis jazidas de piçarra exauridas, onde foram conduzidos os estudos encontra-se na Tabela 1. Os resultados indicam que, à exceção da jazida FJ-072, os teores de bases ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^{+}$ ) são relativamente elevados e superiores aos encontrados em subsolos de biomas brasileiros caracterizados por climas mais úmidos, como a Mata Atlântica e a Amazônia (Reis, 2006). No entanto, os teores de P são baixos e o conteúdo de C orgânico é quase inexistente nesses substratos, do que se supõe que o provimento de P e N para o desenvolvimento de plantas seja insatisfatório. Tais informações são importantes à medida que direcionarão as fontes e quantidades de fertilizantes que deverão ser aplicadas durante o processo de revegetação da área.

**Tabela 1.** Caracterização química de amostras de solo de seis jazidas de extração de piçarra exauridas no Rio Grande do Norte.

Jazida	pH	Al	Ca+Mg	Ca	Mg	P	K	C-org	
		----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				-- mg dm <sup>-3</sup> --		%	
HJ-123	5,2	0,18	13,6	5,2	8,48	2,9	115	0,09	
ZJ-111-2		4,6	0,53	3,0	1,7	1,32	1,0	34	0,27
SJ-155	5,2	1,59	23,7	14,3	9,44	1,2	23	0,05	
AJ-111-1		5,2	0,97	7,8	3,0	4,73	1,8	48	0,03
FJ-072	4,5	1,06	1,5	0,8	0,82	1,9	7	0,05	
DJ-118-1		4,9	1,17	4,6	2,2	2,35	3,1	218	0,12

Algumas áreas onde são abertas jazidas de piçarra, como é o caso particular da jazida HJ-123, que se encontra muito próxima ao mar, são fortemente propensas à salinização do substrato devido à presença de um lençol freático próximo à superfície e à elevada evapotranspiração local. Assim, recomenda-se a avaliação do nível de salinidade do substrato e da concentração de íons específicos, especialmente o Sódio (sodicidade). A salinidade do substrato pode ser medida pela quantidade de sólidos solúveis totais ou, mais convenientemente, pela condutividade elétrica (BRADY & WEIL, 2002).

A sodicidade é caracterizada pela percentagem de sódio trocável e pela taxa de adsorção de sódio (EMBRAPA, 1997). Quando a percentagem de sódio trocável atinge valores maiores que 15%, o pH pode ir acima de 8,5 e deteriorar a estabilidade dos agregados do solo. Em tais condições, o substrato normalmente apresenta muito baixa permeabilidade à água (taxa de infiltração < 50 mm.h<sup>-1</sup>). Dessa forma, o processo de recuperação dessas jazidas deve ser diferenciado, pelo condicionamento do substrato, por meio da adição de solo superficial ou de corretivos apropriados, e pelo plantio de espécies mais adaptadas à condição de salinidade (SOUSA et al., 2012).

Restrições de ordem física geralmente decorrem da compactação do solo causada pelo tráfego de máquinas ou pela presença de rochas calcárias no material. Diversas análises físicas podem detectar o grau de compactação do substrato, entre elas a avaliação da densidade do solo e da taxa de infiltração de água (DONAGEMMA et al., 2010).

#### *Avaliação da taxa de infiltração de água*

A avaliação da taxa de infiltração de água auxilia no entendimento da dinâmica hídrica do substrato no que diz respeito a como os diferentes materiais que compõem as jazidas se comportam ao receberem água e a como o plantio afetará essa característica

com o tempo. Essa medida é também determinante para a separação das estratégias de plantio a serem adotadas nas jazidas.

O método de avaliação da taxa de infiltração é rápido, barato e simples. A taxa de infiltração para esses fins, pode ser determinada utilizando-se anéis de infiltração de PVC com diâmetro de 15 cm e altura de 8 cm. Em cada anel instalado são feitas sucessivas medições do tempo necessário para a infiltração total de uma lâmina d'água de 25 mm. A determinação é finalizada quando o tempo cronometrado entre duas medições sucessivas se torna relativamente estável (Resende & Chaer, 2010).

Em cada jazida, o técnico deve observar, a partir de caminhamento na área, se há diferenças na cor do substrato, na sua granulometria, tipo de vegetação, topografia, etc. Havendo diferenças acentuadas, o técnico fará duas medições em cada uma das sub-áreas identificadas por ele na jazida.

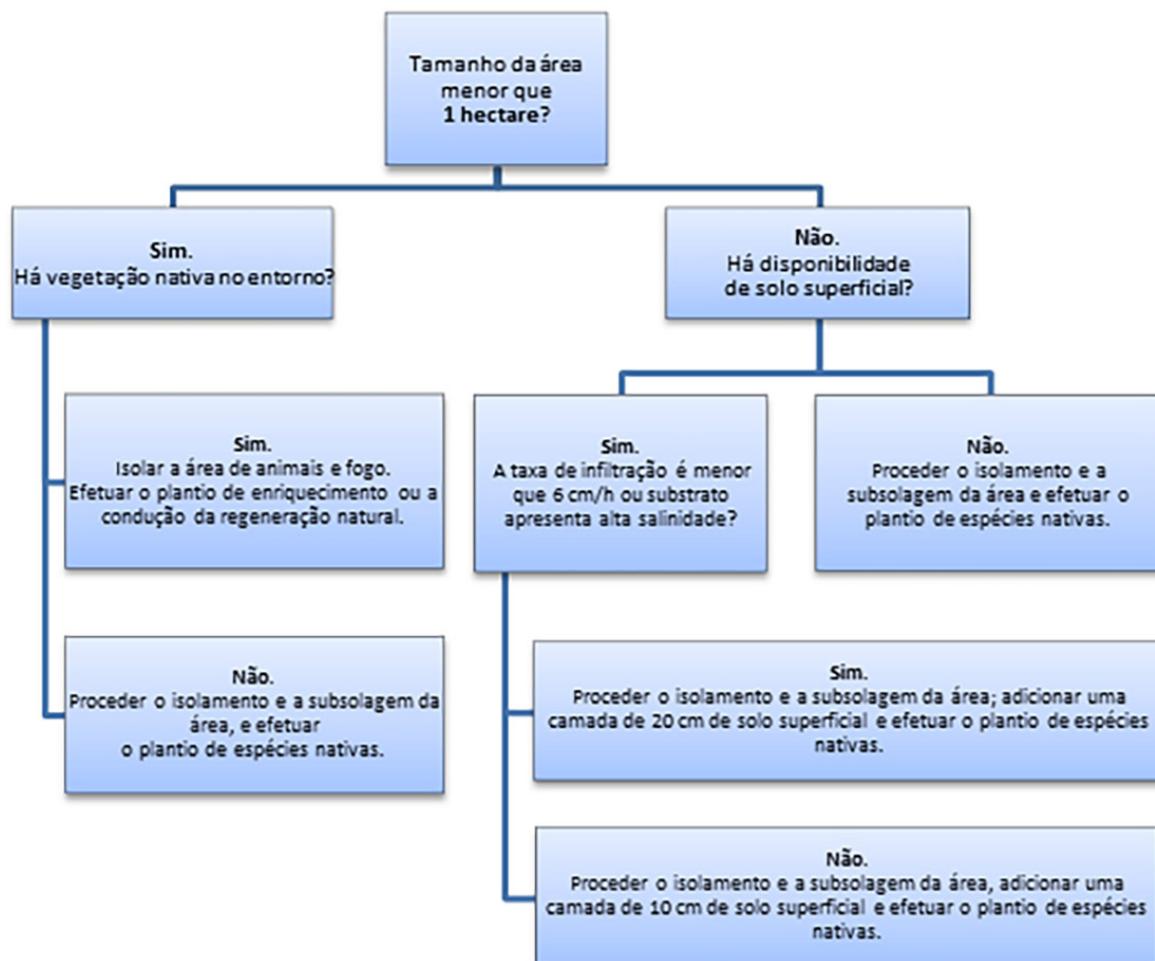
### *Métodos de revegetação*

Na definição do método de recuperação da jazida deverão ser considerados fatores econômicos, ecológicos, sociais e da legislação vigente. Dentre eles pode-se citar a proximidade de fragmentos com vegetação nativa, a urgência em se recobrir a área com vegetação e a disponibilidade financeira. Outro fator determinante é o uso futuro que se pretende dar à área recuperada.

Abaixo são apresentados quatro métodos para a recomposição da vegetação de jazidas em que a extração de piçarra tenha sido encerrada. Estes métodos se aplicam a situações específicas conforme sumarizado no fluxograma de tomada de decisão (Figura 2). Todas as estratégias descritas abaixo pressupõem que as etapas de ordenamento da paisagem e de caracterização do substrato já tenham sido devidamente realizadas.

*a – Isolamento da área* – Esse é o método de recuperação de menor custo e se aplica com maior eficácia a áreas pequenas (com até 1 ha) cujo entorno tem a presença de vegetação nativa. A vegetação nativa servirá como fonte de diásporos e propágulos à área degradada, promovendo naturalmente a sua recolonização. O método constitui-se no cercamento da área, para evitar o pisoteio ou pastejo da vegetação regenerante por animais, e na construção de aceiros contra incêndios. A revegetação da área por esse método deverá ocorrer em longo prazo, sem a necessidade de maiores intervenções. O monitoramento da área é importante, à medida que a ausência de regeneração natural durante os primeiros 2 anos pode indicar a presença de fatores limitantes ao desenvolvimento vegetal não detectados anteriormente. Nesses casos recomenda-se reavaliar as condições locais e adotar a estratégia 'c' ou a 'd', descritas abaixo, conforme necessidade.

**Figura 2** - Fluxograma para tomada de decisão sobre as estratégias de recomposição da vegetação a serem adotadas na recuperação de jazidas de extração de piçarra exauridas.



*b - Condução da regeneração natural* – Esse método é aplicado a situações similares àquela descrita na estratégia ‘a’ (área menor que 1 ha e com vegetação nativa no entorno), mas prevê ações adicionais para acelerar a regeneração da vegetação que coloniza naturalmente a área. Tais ações envolvem, basicamente, a condução seletiva da vegetação priorizando o desenvolvimento de espécies arbóreas e arbustivas jovens por meio de capinas seletivas, coroamentos e adubações. A área também deverá ser isolada para evitar o acesso de animais e aceiros deverão ser construídos. Naturalmente, o método deverá ser aplicado somente quando se observar a presença de regeneração de espécies arbóreas e arbustivas no local, o qual deverá ocorrer até o segundo ano após o isolamento da área. Caso contrário, um dos métodos descritos abaixo deverá ser adotado.

*c – Enriquecimento de espécies com mudas e/ou aplicação de solo superficial* – Esse método se aplica a áreas maiores que 1 ha, e/ou que não possuem vegetação nativa no

seu entorno, e/ou que se encontram abandonadas há vários anos (passivos ambientais) e sem a ocorrência de regeneração natural de espécies arbóreas e arbustivas. A ausência ou a distância elevada de uma fonte natural de diásporos e propágulos geralmente faz com que nessas áreas se desenvolva uma vegetação estagnada nos primeiros estágios da sucessão ecológica caracterizada por ser pouco diversa e rasteira (composta por gramíneas e/ou outras herbáceas de pequeno porte). Raramente, pode também apresentar alguns espécimes de espécies arbustivas ou arbóreas. Nestes casos, é recomendável efetuar o plantio de mudas de espécies arbóreas visando aumentar a diversidade de espécies na área, o recobrimento do solo pela vegetação e a formação de um novo extrato de vegetação. O plantio pode ser feito em baixa densidade (em torno de 500 mudas.ha<sup>-1</sup>). Essa densidade de plantio é considerada a mínima necessária para promover a recolonização vegetal da área em médio prazo e a um menor custo em comparação com a estratégia “d”. A necessidade de escarificação do solo anteriormente ao plantio deverá ser avaliada quando o mesmo se encontrar compactado. Quando disponível, a aplicação de solo superficial oriundo da abertura de novas locações em áreas próximas, originalmente contendo vegetação nativa, poderá substituir o plantio de mudas, ou ambas as estratégias poderão ser adotadas na mesma área. O solo superficial deverá ser aplicado em uma camada de 10 cm em área total. Se decidido também pelo plantio de mudas, esse deverá ser efetuado após a aplicação do solo superficial. As mudas deverão ser conduzidas por meio de capinas periódicas durante o período das chuvas, especialmente em áreas onde foi feita a aplicação de solo superficial.

*d – Plantio de mudas* – Esse método é o que demanda maior intensidade de intervenção e, portanto, o mais alto custo de execução relativo às estratégias anteriores. Também é a estratégia que apresenta resultados mais rápidos. Pode ser aplicada a áreas de qualquer tamanho, desde jazidas recém-desativadas a jazidas desativadas há muito tempo, e que não apresentam sinais de capacidade de se recuperar por processos naturais em médio prazo. O plantio de mudas de plantas arbóreas deverá ser feito após a aplicação de solo superficial (camada em torno de 10 cm de espessura), quando disponível, em uma densidade de no mínimo 1600 mudas.ha<sup>-1</sup> e no máximo 2500 mudas.ha<sup>-1</sup>.

### *Adição de solo superficial*

O Solo superficial é constituído da camada de solo de aproximadamente 0 a 20 cm de profundidade. Essa camada é removida pela raspagem com máquinas durante o processo de remoção da vegetação natural para a abertura de novas locações de poços – construção de acessos e bases de poços de exploração e produção de petróleo e gás natural em terra. O solo superficial, portanto, tende a ser naturalmente rico em sementes, microrganismos e matéria orgânica, constituindo-se em um importante auxiliador do processo de revegetação das áreas de jazida. O seu uso, no entanto, dependerá da sua disponibilidade, e da viabilidade técnica e econômica para transportá-lo até o local da jazida a ser recuperada. Em situações em que o solo superficial

removido de uma determinada área fica armazenado (geralmente em leiras no campo) por longos períodos (de seis meses a alguns anos), a utilização desse material para a recuperação das jazidas deve ser precedida da avaliação da viabilidade do seu banco de sementes (GASPARINO et al., 2006). Recomenda-se a aplicação de uma camada de solo superficial de 10 cm sobre a superfície do substrato nas áreas planas e nas áreas de talude da jazida a ser recuperada. Quando a disponibilidade deste material não for suficiente para a aplicação em toda a área a ser recuperada, pode-se adicionar o material em faixas ao longo da área. A largura das faixas deverá ser ajustada de acordo com a disponibilidade de material e do tamanho da área a ser recuperada.

Em áreas em que o substrato apresenta alta salinidade ou baixa permeabilidade (taxa de infiltração de água  $< 60 \text{ mm.h}^{-1}$ ), recomenda-se a aplicação de uma camada de solo superficial de pelo menos 20 cm de espessura, seguido do plantio de mudas.

### *Escolha das espécies e densidade de plantio*

A seleção de espécies nativas da flora da Caatinga e adaptadas às condições muitas vezes inóspitas da área degradada é um pré-requisito para o sucesso da revegetação. Ademais, a seleção de espécies deve constituir-se em uma das primeiras etapas de planejamento da recuperação, uma vez que deverá orientar os responsáveis técnicos para a obtenção de sementes e a produção das mudas a serem plantadas (SILVA et al., 2011).

Em estudos realizados nas seis jazidas de piçarra no Rio Grande do Norte (Tabela 1), foram selecionadas 11 espécies que apresentaram alta taxa de sobrevivência e de crescimento (Tabela 2). Essa lista contém seis espécies da família Leguminosae (Fabaceae) com capacidade de formar simbioses mutualísticas com bactérias do grupo rizóbio e, assim, capazes de fixar N atmosférico. Nos ensaios de campo realizados, essas espécies mostraram alta taxa de crescimento e produção de biomassa. Essa característica gera condições propícias ao estabelecimento de outras espécies, acelerando a recuperação do ambiente: adição de serrapilheira ao solo pela senescência; aumento da matéria orgânica do solo pela decomposição da serrapilheira; melhoria do microclima pelo sombreamento, etc. As demais cinco espécies apresentaram boa taxa de crescimento e taxas de sobrevivência maiores que 80% (Tabela 2) (CHAER et al., 2011).

Porém, a diversidade de espécies a serem plantadas para a revegetação das jazidas não deve se restringir às 11 espécies arbóreas (Tabela 2), sendo recomendável o plantio de mais espécies. O plantio de espécies exóticas poderá ser considerado. No entanto, deve ser ressaltado que qualquer cogitação acerca do plantio de espécies exóticas para a recuperação de áreas degradadas pressupõe necessariamente a satisfação simultânea de duas condições: (I) o conhecimento factual da inexistência de espécies nativas com potencial ecológico semelhante àquele da espécie exótica sob exame e com potencial de crescimento satisfatório nas condições existentes da área a ser recuperada; e (II) o conhecimento factual de que a espécie exótica sob exame não possui o potencial de se tornar uma espécie invasora dos ecossistemas naturais.

**Tabela 2** - Algumas espécies arbóreas recomendadas para plantio nas jazidas.

<b>Espécie (nome comum)</b>	<b>Densidade recomendada</b>	<b>Local de plantio</b>
<i>Erythrina velutina</i> Willd. (Mulungu)*	Alta	Talude/área plana
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poiret (Jurema)*	Alta	Talude/área plana
<i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth. (Sabiá)*	Alta	Talude/área plana
<i>Enterolobium timbouva</i> Mart. (Timbaúba)*	Baixa	Área plana
<i>Caesalpinia ferrea</i> Mart. (Juca / Pau ferro)	Alta	Área plana
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd. (Farnesiana)*	Baixa	Talude/área plana
<i>Myracrodruon urundeuwa</i> Fr. All. (Aroeira)	Baixa	Área plana
<i>Parkinsonia aculeata</i> L. (Turco)*	Baixa	Talude/área plana
<i>Tabebuia caraiba</i> (Mart.) Bur. (Caraibeira)	Baixa	Área plana
<i>Aspidosperma pyriforme</i> Mart. (Pereiro)	Baixa	Área plana
<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart ex DC) Standl. (Ipê Roxo)	Média	Área plana

Alta – até 15% dos indivíduos por hectare; média – entre 5 e 10% dos indivíduos por hectare; baixa – inferior a 5% dos indivíduos por hectare. É importante considerar um maior número de espécies por hectare \* Espécies da família Leguminosae capazes de formar simbioses mutualísticas com bactérias fixadoras de N atmosférico.

A Tabela 2 também apresenta a recomendação de densidade de plantio em percentagem de indivíduos de cada espécie, de forma a auxiliar o técnico na composição do plantio com outras espécies não citadas nessa listagem. Essa tabela apresenta ainda o local apropriado para o plantio de cada espécie (talude ou área plana). Espécies com formação de copa abundante e rápido crescimento são recomendadas para plantio em alta densidade em taludes ou áreas planas, enquanto que espécies de crescimento lento devem ser plantadas em baixa densidade, somente em áreas planas, visando aumentar a diversidade de espécies. O espaçamento de plantio deve variar de 2 x 2 m nos taludes a 3 x 2 m nas áreas planas.

Após cerca de 2 anos de plantio procedeu-se as avaliações biométricas das plantas nas diferentes jazidas (Tabela 3). É notório que as plantas nodulantes apresentaram maior taxa de sobrevivência e desenvolvimento que as não nodulantes e ainda que a adição de esterco favoreceu o desenvolvimento das plantas. No entanto, é interessante notar que, ao contrário do que acontece na maioria das regiões úmidas, a adição de solo superficial em áreas de piçarra não favoreceu o desenvolvimento das mudas plantadas. Isso é explicado por questões relacionadas à conservação da água no solo. A Piçarra é um material siltoso, que tende a reter mais água que o solo superficial adicionado, que tinha textura arenosa. Como a fertilidade de áreas da Caatinga, mesmo as de piçarra,

tendem a ser elevada, a água é o fator mais limitante e, sistemas que conservem a água do solo, tendem a favorecer o desenvolvimento das plantas no Semiárido.

**Tabela 3** - Valores médios gerais referentes à taxa de sobrevivência (TS), altura total (AT), taxa de crescimento mensal (TCM) e diâmetro da base do tronco (DB) das plantas, aos 660 dias após o plantio, nos tratamentos com e sem adição de solo superficial e esterco, e com plantio de espécies arbóreas nodulantes e não nodulantes. (Adaptado de Resende et al., 2013 e Lima et al., 2015).

Solo Superficial			Espécies			Esterco		
TS (%)								
Com	70,9*	B	Nodulantes	84,3	A	Com	80,1	A
Sem	85,2	A	Não nodulantes	71,8	B	Sem	76,0	A
CV (%)	12,9			8,76			9,1	
AT (cm)								
Com	133,0	A	Nodulantes	190,6	A	Com	145,3	A
Sem	133,2	A	Não nodulantes	75,6	B	Sem	120,9	B
CV (%)	12,9			27,3			14,26	
TCM (cm/mês)								
Com	4,5	A	Nodulantes	6,6	A	Com	5,0	A
Sem	4,3	A	Não nodulantes	2,2	B	Sem	3,7	B
CV (%)	20,1			41,8			23,97	
DB (mm)								
Com	20,0	B	Nodulantes	30,9	A	Com	25,25	A
Sem	24,9	A	Não nodulantes	14,0	B	Sem	19,64	B
CV (%)	12,3			26,56			12,9	

\* Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste F a 5 % de probabilidade. Valores médios provenientes de 20 repetições.

No entanto, quando se avalia características ecológicas das áreas, como por exemplo, a atividade biológica do solo, fica claro que a adição de solo superficial tem destacada importância (Tabela 4). E essa adição, associada ao plantio de leguminosas fixadoras de nitrogênio, tende a aproximar esses indicadores dos valores existentes na Caatinga nativa, aos 6 anos após o plantio. Nessa mesma Tabela é possível notar os valores da área de referência sem plantio e sem adição de solo superficial, que ficou muito abaixo das demais. Esses valores justificam a intervenção na área, no sentido de reativar os processos biológicos do solo, acelerando seu processo de recuperação.

**Tabela 4** - Valores de hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA), atividade respiratória da biomassa microbiana (Resp-B) e carbono da biomassa microbiana (CBM), nas diferentes unidades de estudo (UEs), localizadas no Rio Grande do Norte, 6 anos após o plantio. (Adaptado de Lima et al., 2015)

Tratamentos	FDA	Resp.B	CBM
	$\mu\text{g Fluoresc.g}^{-1}.\text{h}^{-1}$	$\text{mg CO}_2.\text{kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$	$\text{mg.kg}^{-1}$
Testemunha+	47,92 ab	5,967 ab	185,03 ab
Testemunha-	1,01 c	0,769 b	120,45 c
CS/CF	51,77 a	9,811 a	202,14 a
CS/SF	39,30 ab	7,807 a	176,45 abc
SS/CF	24,16 bc	5,305 ab	137,70 bc
SS/SF	2,59 c	1,884 b	121,62 c

<sup>1</sup>Médias de quatro repetições. Valores com a mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t de Bonferroni a 10%.<sup>2</sup>Legenda: Testemunha (+) Área com vegetação nativa (Caatinga); Testemunha (-) Sem adição de solo superficial e sem plantio de espécies arbóreas; CS/CF – Com adição de solo superficial e plantio de fixadoras de nitrogênio; CS/SF – Com adição de solo superficial e plantio de não fixadoras de nitrogênio; SS/CF – Sem adição de solo superficial e plantio de fixadoras de nitrogênio e SS/SF - Sem adição de solo superficial e plantio de não fixadoras de nitrogênio.

E essa melhoria do ambiente, já pode ser sentida também pelo incremento de carbono no solo aos 6 anos após o plantio, nas suas diferentes frações, onde o plantio de leguminosas e a adição de solo superficial se mostraram eficientes para melhoria das condições do solo (Tabela 5).

**Tabela 5** - Valores de carbono orgânico total (COT), teores de carbono orgânico das frações húmida (C-HUM), ácidos húmicos e ácidos fúlvicos (C-AF) e relação C-AH/C-AF nas diferentes unidades de estudo (UEs), localizadas no Rio Grande do Norte, 6 anos após o plantio. (Adaptado de Fontes et al., 2015)

Tratamentos	g.Kg <sup>-1</sup>								C-AH/C-AF	
	COT		C-HUM		C-AH		C-AF			
Testemunha+	22,05	a	16,35	a	0,82	a	0,74	a	1,12	a
Testemunha-	1,575	b	1,50	b	0,04	b	0,16	b	0,26	b
CS/CF	12,5	a	12,52	a	0,28	ab	0,33	ab	0,93	ab
CS/SF	12,25	a	13,11	a	0,33	ab	0,31	ab	1,14	a
SS/CF	5,85	ab	6,17	ab	0,18	b	0,30	ab	0,72	ab
SS/SF	1,725	b	1,66	b	0,03	b	0,13	b	0,22	b

<sup>1</sup>Médias de quatro repetições. Valores com a mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t de Bonferroni a 10%. <sup>2</sup>Legenda: Testemunha (+) – Área com vegetação nativa (Caatinga); Testemunha (-) – Sem adição de solo superficial e sem plantio de espécies arbóreas; CS/CF – Com adição de solo superficial e plantio de fixadoras de nitrogênio; CS/SF – Com adição de solo superficial e plantio de não fixadoras de nitrogênio; SS/CF – Sem adição de solo superficial e plantio de fixadoras de nitrogênio e SS/SF - Sem adição de solo superficial e plantio de não fixadoras de nitrogênio.

## Considerações finais

A Caatinga apresenta características extremas quando comparada a outros biomas brasileiros, como a mais baixa e irregular precipitação pluviométrica anual, as mais altas médias de temperatura, de evapotranspiração potencial e de radiação solar, e a mais baixa taxa de umidade relativa do ar. Esses fatores climáticos, conjugados com o ambiente e substrato inóspito das jazidas de piçarra, fazem com que a recuperação ambiental dessas áreas demande cuidados e estratégias distintas daquelas comumente empregadas em regiões mais úmidas do Brasil. A experiência acumulada na revegetação de jazidas de piçarra exauridas no Rio Grande do Norte, permite assinalar que a recuperação de áreas de onde se extraiu piçarra com espécies predominantemente nativas da flora do bioma Caatinga é possível, com boa probabilidade de sucesso. Naturalmente, estudos adicionais são necessários para o aperfeiçoamento das técnicas e a seleção de novas espécies vegetais adaptadas às condições desses ambientes. Vale ainda ressaltar que boa parte das recomendações feitas nesse documento constitui também uma base para a recuperação de áreas de Caatinga degradadas por outros usos.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, a Embrapa, a UFERSA e a Petrobras pelo suporte e apoio financeiro.

## Referências

ANP. Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis: 2012. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Rio de Janeiro-RJ. 2012. 250 p.

BRADY, N.C. & WEIL, R.R. The nature and properties of soils. 13rd. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2002.

CHAER, G.M.; RESENDE, A.S.; CAMPELLO, E.F.C.; FARIA, S.M.D. & BODDEY, R.M. Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. **Tree Physiology**, **31**:139-149, 2011.

DONAGEMMA, G.K.; CHAER, G.M.; BALIEIRO, F.D.C.; PRADO, R.B.; ANDRADE, A.G.D.; FERNANDES, M.F.; COUTINHO, H.L.D.C.; CORREIA, E. & BARRIOS, E. Indicadores de qualidade do solo: descrição, uso e integração para fins de estudo em agroecossistemas. In: Ferreira, J. M. L. A., A.P.; Santana, D.P.; Vilela, M.R., ed. **Indicadores de sustentabilidade em sistemas de produção agrícola**. Belo Horizonte, EPAMIG, 2010. p.424.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 1997.

GASPARINO, D.; MALAVASI, U.C.; MALAVASI, M.M. & SOUZA, I. Quantificação do banco de sementes sob diferentes usos do solo em área de domínio ciliar. **Revista Árvore**, **30**:1-9 2006.

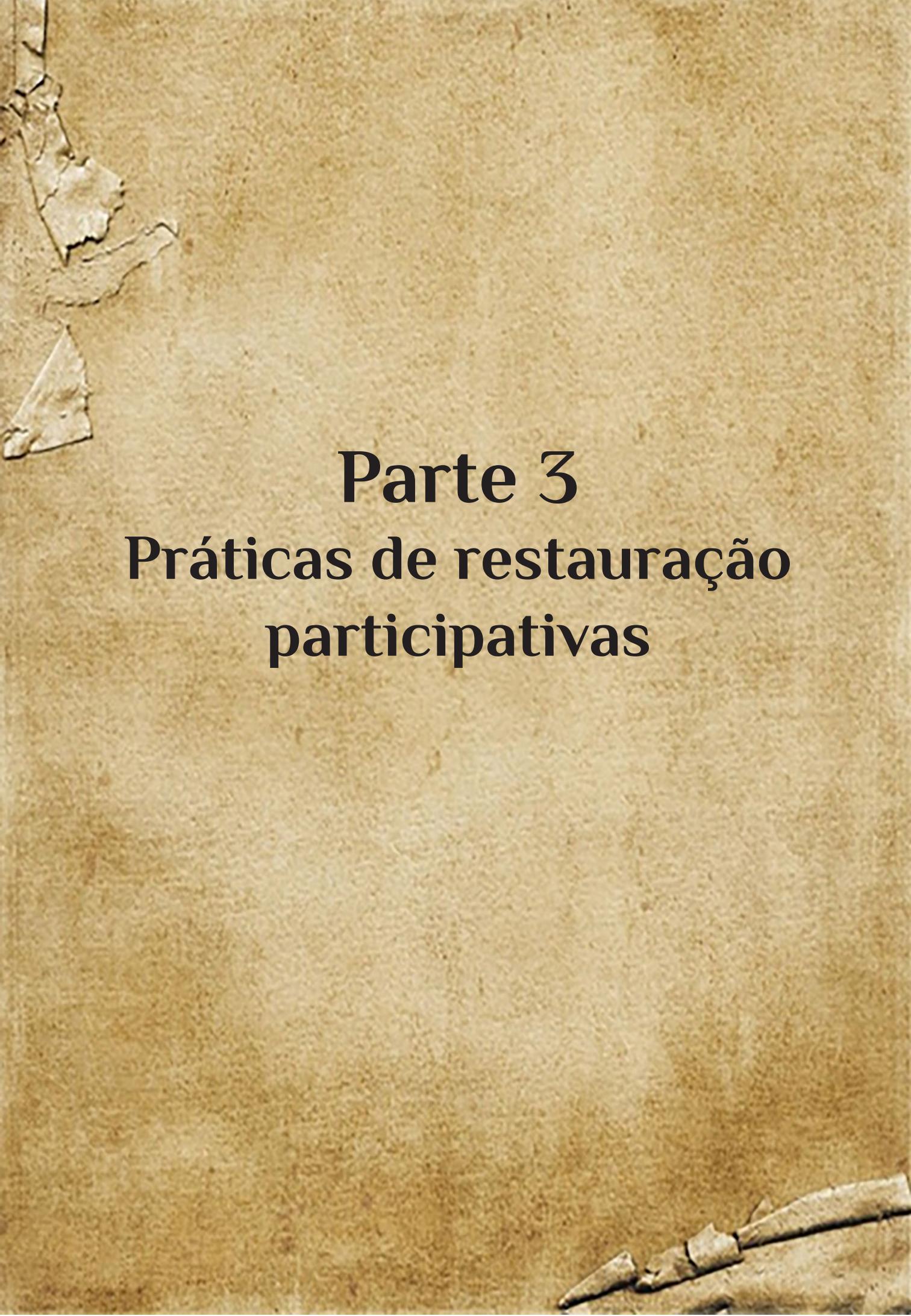
LIMA, K. D. R.; CHAER, G. M.; ROWS, J. R. C.; MENDONÇA, V.; RESENDE, A. S. Seleção de espécies arbóreas para revegetação de áreas degradadas por mineração de piçarra na Caatinga. **Revista Caatinga**. v. **28**, p. 203-213, 2015.

REIS, L.L. Monitoramento da Recuperação Ambiental de Áreas de Mineração de Bauxita na Floresta Nacional Saracá Taquera, Porto Trombetas (PA). 159f. **Tese (Doutorado)**, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2006.

RESENDE, A. S.; CHAER, G. M.; CAMPELLO, E. F. C.; SILVA, A. P.; LIMA, K. D. R.; CURCIO, G. R. Uso de leguminosas arbóreas na recuperação de áreas degradadas. In: Adelson P. Araújo; Bruno J. R. Alves. (Org.). Tópicos em Ciência do Solo. 22ed. Viçosa, MG.: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2013, v. **1**, p. 70-92.

SILVA, A.D.P.; RESENDE, A.S.D.; CARPEGGIANI, B.P.; MIRANDA, C.A.D.K.; AZEVEDO, C.R.C.D.; CAMPELLO, E.F.C.; CHAER, G.M.; LIMA, K.D.R.D. & ARAÚJO, J.E. **Produção de mudas de espécies florestais para a Caatinga**. Comunicado Técnico. Seropédica:Embrapa Agrobiologia, 2011.

SOUSA, F.Q.D.; ARAÚJO, J.L.; SILVA, A.P.D.; PEREIRA, F.H.F.; SANTOS, R.V.D. & LIMA, G.S.D. Crescimento e respostas fisiológicas de espécies arbóreas em solo salinizado tratado com corretivos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 16:173-181, 2012.

The background is a piece of aged, yellowish-brown paper with a visible fibrous texture. There are some signs of wear and tear, including a small piece of paper missing from the top left corner and a metal fastener or staple visible at the bottom right. The text is centered on the page.

**Parte 3**  
**Práticas de restauração**  
**participativas**

## Recaatingamento com comunidades agropastoris e extrativistas

*José Moacir dos Santos<sup>1</sup>*

*Luiz Almeida Santos<sup>1</sup>*

*Markus Breuss<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada – IRPAA. Caixa postal 21. CEP 48.903-970. Juazeiro, Bahia, Brasil. Tel. (74) 3611-6481 – Site: [www.irpaa.org](http://www.irpaa.org). e-mails: [moacir@irpaa.org](mailto:moacir@irpaa.org), [markus.breuss@gmail.com](mailto:markus.breuss@gmail.com)

### Introdução

Único bioma exclusivamente brasileiro, a Caatinga precisa de cuidados. Rica em recursos naturais, a “Mata Branca” – do tupi-guarani caa (mata) e tinga (branca) – é um dos ecossistemas mais ameaçados do planeta. Atualmente, mais da metade de seu território apresenta diferentes graus de degradação e apenas 2% de sua área estão protegidos em unidades de conservação.

A Caatinga é frequentemente associada com a seca, pobreza e pouca biodiversidade, mas ao contrário do que se pensa, esse bioma confere valores biológicos e econômicos significativos para o país. Assim como nas demais florestas, a conservação da “Mata Branca” evita a emissão do gás carbônico (CO<sub>2</sub>). A Caatinga em pé também é fonte de matérias primas como frutos silvestres, forragem, fibras e plantas medicinais, que são essenciais para o sustento das comunidades tradicionais e pode, através do uso sustentável, garantir o bem-estar e a permanência das famílias no campo. Diante das ameaças ao futuro do bioma, o IRPAA\*, implantou o “Recaatingamento” em parceria com as comunidades agropastoris e extrativistas, chamadas de Fundos de Pasto, no Território do Sertão do São Francisco, no norte da Bahia. Um projeto de vanguarda, que tem a população como os agentes responsáveis pelas transformações socioambientais (Figuras 1).



**Figura 1** - Reaatingamento e Educação Ambiental envolvendo filhos de produtores rurais.

## Métodos

O Projeto inicial (ou piloto) abrangeu sete comunidades do Território do Sertão do São Francisco: Angico, no município de Canudos; Melancia, em Casa Nova; Pau Ferro, em Curaçá; Fartura, em Sento Sé; Poço do Juá, em Sobradinho; Serra dos Campos Novos, em Uauá e Cural Novo, em Juazeiro.

Na segunda etapa, outras quatro comunidades entraram no grupo das comunidades Reaatingueiras: Vereda da Onça – Remanso, Ouricuri - Uauá, Assentamento Nossa Senhora do Rosário – Monte Santo e Comunidade Prainha – Correntina. Hoje são onze comunidades recuperando 900 hectares.

O Reaatingamento promove uma mudança de visão e hábitos sobre como conviver com a Caatinga. O próprio termo foi criado para trazer a reflexão sobre o manejo da Caatinga, pois quando se fala de “reflorestamento” geralmente se reporta à mata atlântica, à Amazônia ou ao monocultivo do eucalipto. Reaatingar é criar as condições para que a Caatinga volte ao seu estado original. É necessário, portanto, uma redefinição dos valores econômico, social, cultural e ambiental da Caatinga, desenvolvendo a cultura de recuperar, plantar e conservar a Caatinga. Requer, portanto, defender o valor da Caatinga em pé.

O Reaatingamento tem como objetivo contribuir para inverter a desertificação do Bioma Caatinga através do uso sustentável de seus recursos naturais, a partir de: 1. Conservação da Caatinga; 2. Recomposição da Caatinga; 3. Educação Ambiental Contextualizada; 4. Melhoria da Renda; e 5. Políticas Públicas.

O Reaatingamento busca capacitar as famílias das comunidades de Fundo de Pasto com relação à conservação e recuperação do ambiente onde elas vivem, através de cursos e oficinas para discutir o valor da Caatinga em pé e as possibilidades de manejo da área ainda não degradada (Figura 2). O projeto promove a Educação Ambiental Contextualizada por meio da assessoria à educação escolar e na educação ambiental é trabalhada a conservação de recursos naturais, a valorização da Caatinga e a Convivência com o Semiárido (BREUSS, 2011).

As comunidades elaboram e implantam, de forma participativa, os Planos de Manejo Ambiental Sustentável para conservar a Caatinga onde ela ainda está preservada,

e recuperar onde ela já está fragilizada. Também são elaborados os Planos de Manejo do Rebanho e o uso de plantas forrageiras para diminuir a ação herbívora, evitando o superpastejo e melhorando a qualidade da produção da ovinocaprinocultura. Na maioria das comunidades, o número de animais é maior que a capacidade de suporte da área, portanto é urgente um plano de manejo do rebanho.



**Figura 2** - Curso sobre o valor da Caatinga em pé nas comunidades e mutirão de recaatingamento em ação.

Paralelamente, o Recaatingamento promove capacitações para a geração de renda, agregando valor aos produtos oriundos das atividades agroextrativistas sustentáveis, através da implantação de Unidades de Beneficiamento de frutas silvestres, a exemplo do umbu e maracujá do mato (SANTOS, 2015).

As Comunidades de Fundo de Pasto lutam para que seu modo de vida seja reconhecido e suas terras coletivas legalizadas, diminuindo assim a pressão sobre a Caatinga por parte de grileiros e grandes projetos que visam, como primeiro passo de intervenção, a supressão da vegetação nativa. A preservação da Caatinga passa, impreterivelmente, pelo reordenamento agrário e adoção de uma lei que considere a modalidade de uso coletivo das terras pelas comunidades tradicionais. O projeto contribui com o empoderamento de verdadeiras guardiãs da sócio-biodiversidade do Bioma, promovendo a capacitação e formação política de lideranças comunitárias, através de seminários e Cursos de Juristas Leigos<sup>6</sup>.

A proposta técnica do Recaatingamento consiste em identificar uma área degradada na comunidade, isolá-la dos animais, o que pode ser feito com a cerca elétrica rural, usando energia solar e menor quantidade de madeira e de arame; usar práticas de manejo de solo como escarificação, curva de nível, barramentos com pedra

<sup>6</sup> Em parceria com AATR (Associação de Advogados dos Trabalhadores e Trabalhadoras rurais), <http://www.aatr.org.br/>.

solta e da água, como terraceamento e escarificação em curva de nível; plantio de mudas em microbacias para captação de água de chuva *in situ*; cordões de vegetação permanente e cercas vivas; Barragens sucessivas de pedras e cordões de pedras em contorno; cobertura morta; barraginhas, barreiros trincheiras, barragens subterrâneas; dispersão de sementes nativas misturadas ao esterco (Figura 3); e plantio de mudas de árvores de interesse da comunidade (Quadro 1).

## Resultados

No projeto piloto participaram sete comunidades - Angico, Bom Sucesso, Curral-Novo, Fartura, Melancia, Pau-Ferro, Serra dos Campos-Novos - com uma área total de 560 hectares isolados e em processo de recuperação. Nessa área foram plantadas 38.564 mudas e 98.125 estacas e brotos de plantas da Caatinga, além disso, foi feito a dispersão de coquetel de sementes de plantas nativas com esterco. O início do projeto coincidiu exatamente com a estiagem severa dos últimos anos, com uma chuva média anual em torno de 150 mm, muito abaixo da média histórica. Nestas condições, a maioria das mudas plantadas não sobreviveu. Das sete áreas plantadas, apenas em duas, onde choveu mais de 400 mm, as mudas sobreviveram (Quadro 2).



**Figura 3** – Escarificação do solo em curva de nível; aplicação de cobertura morta e coquetel de sementes de plantas nativas com esterco em sulcos; Isolamento das áreas com cerca viva e elétrica; barragens de pedra que ajudam a acumular matéria orgânica e evitar a erosão.

Observa-se também outro fator importante, que, entre as mudas pré-cultivadas em viveiro, apenas aquelas, que receberam pelo menos uma chuva acima de 50 mm nas primeiras semanas após o plantio, sobreviveram. Importante é destacar, que mesmo onde as mudas não vingaram, as plantas já existentes cresceram mais de 50 cm e é possível perceber árvores e outras plantas germinando nos locais onde houve acúmulo de solo e matéria orgânica.

**Quadro 1** - Espécies de mudas utilizadas.

<b>Mudas de espécies da Caatinga pré-cultivadas em viveiro</b>	<b>Espécies para plantio através de estaquia e brotos (usadas para cerca viva)</b>	<b>Espécies forrageiras para plantio nas roças:</b>
Angico	Caroá	Andú
Angico de bezerro	Caxacubí	Capim bufel
Aroeira	Facheiro	Erva-sal
Baraúna	Macambira	Gliricídia
Calumbí	Mandacaru	Leucena
Camaratuba	Maniçoba	Mandioca
Cunhã	Palma com espinho	Melancia forrageira
Favela	Palmatória	Moringa
Juazeiro	Quiabento	Palma
Juremas	Sisal	Sabiá
Maniçoba	Umburana de cambão	Sorgo
Maracuja-do-mato	Xique-xique	
Moleque duro		
Mulungú		
Pau ferro		
Quebra-facão		
Quixabeira		
Umburana-de-cheiro		
Umbuzeiro		

Depois de 10 anos de implantado o projeto nas primeiras comunidades podemos observar que A produção de fitomassa na Caatinga varia de acordo com a época e com o tipo de vegetação presente na área. Em algumas comunidades houve uma quantidade maior de chuva do que em outras. Os resultados apontam que em todas as comunidades o perímetro do Recaatingamento isolado para recuperação já tem uma condição melhor de fitomassa do que o lado de fora, na área de pastejo, variando na diferença de 4,5% em Curral Novo, município de Juazeiro até 58,6% em Fartura, município de Sento Sé.

Quanto as espécies vegetais foram levantadas um total de 143 espécies e 55.680 plantas identificadas pelas famílias dentro das áreas de Recaatingamento, em um total de 4.400 metros quadrados, o equivalente a 13 espécies de plantas por metro quadro.

As comunidades afirmam que diversos animais nativos da Caatinga voltaram a serem vistos, tais como: tatu bola, veado, gambá, entre outras espécies. A causa apontada para isso é a preservação do perímetro de Recaatingamento servir de refúgio para os animais.

## **Continuação do projeto**

Nos últimos dez anos o projeto cresceu alcançando novas comunidades, passando, inclusive, a fazer parte do Projeto Estadual de Desenvolvimento Sustentável, Pro - Semiárido, executado pela Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional (CAR), empresa vinculada à Secretaria de Desenvolvimento Rural (SDR), em parceria com o Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola (FIDA).

Somaram-se as primeiras sete comunidades mais outras 23 comunidades dos Territórios Sertão do São Francisco, Piemonte Norte de Itapicuru e Piemonte da Diamantina. Hoje são 2.000 hectares em processo de isolamento e recuperação com ações hidroambientais e 23.000 hectares de Caatinga usados como pasto e área de extrativismo em processo de plano de manejo sustentável de conservação.

O Recaatingamento está incorporando às metas ambientais e produtivas, ações de cunho social como construção de banheiros, fogões ecológicos, cisternas e tecnologias de reuso de água nas casas das famílias Recaatingueiras.

A cerca para isolamento da área a ser recuperada é o item de maior custo no Recaatingamento. A cerca elétrica implantada no início do projeto se mostrou pouco prática devido à necessidade constante de manutenção e de troca de peças. Hoje estamos sugerindo a implantação da cerca de aram liso com estacas de aço, muito parecida com a cerca de arame farpado com a diferença de que os mourões são de concreto, as estacas são de aço e o aram é liso. Temos esse tipo de cerca construído há 20 anos ainda em perfeito de uso com baixíssima necessidade de manutenção.

## **Considerações finais**

Chegamos à conclusão que o sucesso do plantio de estacas e mudas no bioma Caatinga se relaciona com o fenômeno climático “El Niño”. As intervenções se mostram mais eficientes nos anos de “La Niña”, quando temos chuva acima da média.

No Recaatingamento, o isolamento da área é a principal prática a ser implantada, seguida das técnicas de manejo de solo e água, como sulcamento em curva de nível, terraceamento e bacias e barragens de pedra para contenção da erosão. Desta maneira, a matéria orgânica produzida se incorpora ao solo e as plantas que nascem espontaneamente, protegidas da ação herbívora, terão mais chances de se desenvolver.

Com a dificuldade da previsão das chuvas, considera-se mais promissor o plantio de mudas a partir de estacas e brotos e a dispersão de coquetéis de sementes nativas misturadas ao esterco em vez do plantio de mudas pré-cultivadas em viveiros. Contudo, no planejamento de projetos de restauração florestal na Caatinga é essencial prever um período de implementação maior do que nos biomas onde chove em maior quantidade e com mais regularidade.

Da mesma forma como os termos “Convivência com o Semiárido” e “Educação Contextualizada”, hoje são usados amplamente pelos mais diversos atores com atuação na Caatinga, o “Recaatingamento” e “O Valor da Caatinga em Pé” precisam ser

difundidos, extrapolando a noção de uma proposta meramente técnica e nos levando a uma mudança de paradigma com relação ao bioma Caatinga.

O Reaatingamento é uma metodologia de recuperação de áreas degradadas no Semiárido que precisa ser multiplicada, e, apoiado por políticas públicas, entrar no rol de uma série de tecnologias sociais da Convivência com o Semiárido, como os Programas de Cisternas P1MC e P1+2. Para sua continuidade, é necessário fazer essa proposta replicável e acessível a todas as famílias do Semiárido, como se fosse um Quintal Produtivo na Caatinga, multiplicado por milhares, onde de forma individual ou coletiva, as pessoas possam fazer de uma área degradada, uma área produtiva e de preservação da vida.

Quadro 2 - Taxa de sobrevivência das mudas, mostrando a vulnerabilidade do plantio de mudas em função da falta e irregularidade de chuvas.

No	Comunidade	Data do plantio	Chuva pós-plantio acima de 50mm	Precipitação em 2012 (até out.)	Taxa de sobrevivência (em out. 2012)	Média anual de chuva acima de 400 mm (2011-14)	Taxa de sobrevivência das mudas plantadas (final de 2014)
1	Angico	Abr 2010	>50mm	<100mm	>50%	>400mm	>20%
2	Bom Sucesso	Mai 2010	>50mm	<100mm	>40%	<400mm	<10%
3	Curral Novo	Mar 2010	<50mm	<100mm	<10%	<400mm	<10%
4	Fartura	Mai 2010	>50mm	<100mm	>40%	<400mm	<10%
5	Melancia	Jun 2010	<50mm	<100mm	>10%	<400mm	<10%
6	Pau ferro	Mar 2010	<50mm	<100mm	>10%	<400mm	<10%
7	Serra dos Campos Novos	Mai 2010	>50mm	<100mm	>30%	>400mm	>10%

## Agradecimentos

Agradecemos ao Programa Petrobras Ambiental pelo patrocínio nos primeiros anos de implementação da proposta e à Associação “De Vento em Popa” (Verein Rueckenwind) da Alemanha por continuar apoiando o IRPAA e as comunidades Fundo de Pasto do Semiárido brasileiro. Também agradecemos à equipe técnica e colaboradores do IRPAA e às comunidades recaatingueiras, especialmente às mulheres

catadoras de umbu da COOPERCUC<sup>7</sup> que deram início ao processo reflexivo sobre o Reaatingamento, quando, ao observar a Caatinga, comentaram: “Só podemos ver umbuzeiros velhos na Caatinga, cadê os umbuzeiros novos? O que será de nós e nossas famílias sem umbu?”

## Referências

BREUSS, M. 2011: **Reaatingamento com comunidades tradicionais Fundo de Pasto – Manejo Ambiental Sustentável da Caatinga**, Instituto da Pequena Agropecuária Apropriada IRPAA, Gráfica Franciscana, Petrolina/PE.

SANTOS, J.M. 2015: **Manejo Agroecológico para enfrentar a desertificação e as mudanças climáticas**, In: IV Caderno de Experiências: Diaconia, Caatinga, Sabiá, ASPTA, CETRA, IRPAA, MOC, SASOP, Recife/PE.

<http://www.irpaa.org/modulo/publicacoes/cartilhas-livros>.

<http://www.reaatingamento.org.br/>.

---

<sup>7</sup> Cooperativa Agropecuária Familiar de Canudos, Uauá e Curaçá.

# 12

## Mulheres na Caatinga semeando saberes e justiça

*Mauricélia Souza<sup>1</sup>*

*Emanuela Castro<sup>1</sup>*

*Graciete Santos<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Casa da Mulher do Nordeste. Rua Desembargador Brandão da Rocha, 87 | Cordeiro | Recife-PE. CEP: 50721-380

### **Introdução**

O Projeto Mulheres na Caatinga é uma ação voltada para recuperação de áreas degradadas do bioma Caatinga e de educação ambiental, desenvolvido pela Casa da Mulher do Nordeste, na região do sertão do Pajeú, no estado de Pernambuco. O principal objetivo é mobilizar mulheres agricultoras que vivem nessa região para intervir nessa realidade a partir de mudanças nas práticas com perspectivas na agroecologia e no feminismo, do uso de tecnologia sustentável e fixação de carbono, evitando emissões e os impactos do aquecimento global. Nesse processo foram plantadas 46 mil mudas de plantas nativas e construídos 210 fogões agroecológicos. A utilização desses fogões diminui a pressão da retirada de lenha para combustível sobre o frágil ecossistema da Caatinga. Ainda nessa perspectiva, o projeto produziu ações de comunicação que visibilizaram e disseminaram suas práticas.

### *Contexto do Semiárido de Pernambuco*

A região Semiárida do Brasil é marcada pelos longos períodos de estiagem, adventos naturais do clima que associados ao desconhecimento da população sobre as adversidades e fragilidades da região, contribuem para a degradação ambiental e para a pobreza da população. Apesar de caracterizada pelas chuvas irregulares e mal distribuídas no tempo e no espaço, poucas ações foram implantadas, ao longo da história de ocupação do semiárido, para armazenamento de água para atender às necessidades das pessoas.

Desde 2010, o semiárido brasileiro passa por uma das maiores secas dos últimos trinta anos, atingindo fortemente as famílias agricultoras, em especial as mulheres, que são as principais responsáveis pela gestão da água e dos elementos naturais dos agroecossistemas (MOURA et al, 2015; BAPTISTA et al, 2013).

Um dos maiores problemas socioambientais da região é o déficit hídrico, principalmente para o consumo humano. Esse problema vem sendo minimizado pela ação do Programa Um milhão de Cisternas (P1MC), da Articulação no Semiárido (ASA). Já construiu mais de 700 mil cisternas de placas para armazenamento da água de chuva para o consumo humano, o que corresponde a aproximadamente 3,5 milhões de pessoas. Os programas P1MC e Uma Terra e Duas Águas (P1+2), da ASA, têm garantido as condições mínimas às famílias a terem acesso à água para o consumo humano e para a produção. Outro grave problema é a degradação acelerada da vegetação nativa, um ecossistema “frágil” que necessita de aproximadamente 20 anos de pouso para sua recuperação (ASA, 2012).

O Sertão do Pajeú é o território aonde faremos nosso recorte e trata-se de uma região que abrange uma área de 13.350,30 Km<sup>2</sup> e composto por 20 municípios: Afogados da Ingazeira, Igaraci, Quixaba, Santa Terezinha, São José do Egito, Serra Talhada, Sertânia, Tabira, Brejinho, Calumbi, Carnaíba, Flores, Itapetim, Mirandiba, Santa Cruz da Baixa Verde, São José do Belmonte, Solidão, Triunfo, Tuparetama e Ingazeira.

Dentre as atividades econômicas desenvolvidas nesta região, destacam-se: a agropecuária, os setores de comércio e serviços e o turismo, que sofrem fortes impactos econômicos no período de estiagem. Segundo a Agência Estadual de Planejamento e Pesquisa do Governo de Pernambuco, o período de estiagem provocou na lavoura do milho um decréscimo de 80,4%; na do feijão foi de 70,3%; nas lavouras temporárias, de 11,7%; e na pecuária, uma redução de 28,4% (MOURA et al, 2015).

A população do Sertão do Pajeú é de 395.293 habitantes, dos quais 153.673 vivem na área rural, o que corresponde a 38,88% do total. Possui 33.804 agricultores familiares, 1.810 famílias assentadas, 16 comunidades quilombolas e uma terra indígena. Seu IDH médio é 0,65 (Território da Cidadania, 2012) e, segundo dados do Ministério do Desenvolvimento Social (MDS), no Plano Brasil sem Miséria 2011, o contingente de pessoas em extrema pobreza totaliza 16,27 milhões, o que representa 8,5% da população total. Destaca-se que é nas regiões Norte e Nordeste onde se concentra o maior número de pessoas em extrema pobreza, com 56,4% na região Norte e 52,5% na região Nordeste, e também aonde se concentram a maior população rural do país, 26,5% e 26,9%, respectivamente.

Esses fatos geram impactos em toda a economia e prejudicam a todos: os ricos e os pobres, os grandes e os pequenos. No entanto, são os agricultores e as agricultoras mais pobres que sofrem perdas irremediáveis, que colocam em risco seus rebanhos, suas sementes, suas famílias e sua própria vida. Os testemunhos e constatações nesse campo são publicados a cada dia e são irrefutáveis. No Brasil, de cada dez famílias que vivem no meio rural, cinco estão no Nordeste, sobretudo no Semiárido. Portanto, a desestruturação é sentida diretamente nas economias locais. E, globalmente, todos sentem esse fenômeno na elevação do preço dos alimentos.

Esse alto índice de pobreza dificulta o acesso e uso de tecnologias adequadas para a região, e se agrava pela ausência de uma educação ambiental que possa

adaptar práticas e mentalidades de convivência às condições climáticas e ambientais do semiárido. A matriz energética baseada no uso de lenha para processamento de alimentos, aliada à situação de minifúndio na agricultura de base familiar e o uso de queimadas no preparo do solo para o cultivo, são elementos agravantes para a degradação do ecossistema.

### *O Bioma Caatinga*

O Bioma Caatinga é hoje patrimônio ecológico da humanidade, e sua única incidência ocorre no semiárido brasileiro. Suscetível a estiagens prolongadas, a Caatinga tem lenta capacidade de recuperação e por isso torna-se um ecossistema frágil à pressão humana, principalmente por está associada à pobreza da população que nele reside. Ele oferece aos povos e às comunidades tradicionais e da agricultura familiar, serviços ambientais e culturais que atendem a maior parte das necessidades imediatas. Essas populações, historicamente excluídas, possuem acesso restrito a bens indispensáveis e a políticas públicas que as auxiliem a superar essa condição.

Para as populações residentes, a Caatinga é uma fonte insubstituível de madeira, alimentos, fitoterápicos e diversos outros produtos não madeireiros utilizados em rituais festivos e sagrados, e confecção de artesanatos. Além disso, a pouca disponibilidade de recursos hídricos comuns às zonas semiáridas resulta em uma dependência direta da utilização de recursos naturais e biodiversidade da região.

Sistemas agrícolas convencionais, predatórios, com uso de queimadas e de uma matriz energética para processamento de alimentos, baseada na combustão de lenha, associadas a um baixo nível de educação ambiental, minifúndios, estrutura das propriedades com exploração de matéria prima para construção de cercas, currais, e o desconhecimento das vulnerabilidades do semiárido, consistem em problemas socioambientais graves que contribuem para o risco de desertificação na região.

Embora a agricultura de base familiar apresente potencial para práticas de agriculturas sustentáveis, o alto nível de pobreza dessa população e a falta de uma educação contextualizada para a convivência com a semi-aridez da região, são fatores de risco para a conservação desse bioma e conseqüentemente para a sobrevivência das famílias nestas áreas.

### *As mulheres na convivência com o semiárido*

As mulheres residentes no semiárido desempenham papel importante na sustentabilidade da vida das famílias no campo e, por isso, devem ser reconhecidas como agentes produtores de conhecimentos, capazes de contribuir para mudanças nas práticas e atitudes, seja nas relações familiares, seja nas comunidades. Além disso, atuam de maneira organizada na incidência política em favor de um modelo ambiental e economicamente sustentável, que garanta a permanência das futuras gerações no campo, bem como a conservação do Bioma Caatinga.

Na agricultura familiar, as mulheres são as responsáveis pelas tarefas domésticas, preparo de alimentos, reprodução, cuidado com as crianças, trabalho de cuidados e gestão da água e do ambiente doméstico. Além disso, trabalham na produção agrícola, no beneficiamento de matérias primas, cuidado com animais domésticos, no artesanato e na comercialização de produtos e participação em espaços de representação política. Na grande maioria das vezes, ainda são as responsáveis por garantir a subsistência da família.

Nesse contexto, as mulheres são as maiores responsáveis pela coleta e queima de lenha para processamento de alimentos, tanto para o consumo familiar, quanto para a comercialização em feiras e mercados locais, para geração de renda familiar. Portanto, as mulheres são peças fundamentais para uma ação transformadora do manejo da Caatinga visando à produção de madeira para lenha e energia.

Na divisão do trabalho das famílias do campo, destacamos a necessidade de transformar as práticas tradicionais, no sentido de uma divisão mais justa e igualitária entre homens e mulheres, de modo a evitar uma sobrecarga de trabalho para as mulheres.

A região do Pajeú, no Estado de Pernambuco, é muito rica em relação à presença de movimentos sociais, como sindicatos rurais, movimento de luta pela terra, movimento de mulheres, a exemplo do Movimento da Mulher Trabalhadora Rural do Nordeste (MMTR-NE), e de organizações não governamentais (ONGs) integrantes da Articulação do Semiárido (ASA) e da Articulação Nacional da Agroecologia (ANA). As mulheres se organizam em fóruns territoriais e em redes, a exemplo da Rede de Mulheres Produtoras do Pajeú.

Nesse contexto, as mulheres têm contribuído muito com experiências agroecológicas nos quintais produtivos e diversificado, no beneficiamento de frutas e na preservação do Bioma Caatinga, através do manejo sustentável das plantas nativas e da conservação da biodiversidade, com os bancos de sementes e os viveiros de mudas.

É na estreita relação entre o espaço privado da casa e arredores, nos quintais ou terreiros, que as mulheres desenvolvem sua produção econômica, garantem à segurança alimentar de suas famílias e exercitam sua participação política no espaço público. Essa relação híbrida entre o privado e o público, vivenciadas pelas mulheres nessa região, parece contribuir para a construção de uma visão bem mais sistêmica e complexa com a natureza. Porém, a realidade é bem mais adversa, pois se vive ainda em uma sociedade patriarcal, onde as desigualdades de gênero impõem muitas desvantagens para as mulheres. Um bom exemplo disso é a longa jornada de trabalho já relatada anteriormente. Essa situação aponta para o desafio de superar as desigualdades de gênero no processo de transição agroecológica para outro modelo de produção e de convivência com o meio ambiente de maneira igualitária, socialmente justa e ambientalmente sustentável (SANTOS, 2012).

## O Projeto Mulheres na Caatinga

O Projeto Mulheres na Caatinga foi contemplado na seleção pública 2012, do Programa Petrobras Socioambiental. Caracteriza-se como uma ação inovadora, conduzida pela Casa da Mulher do Nordeste, com a finalidade de promover a recuperação de áreas degradadas da vegetação da Caatinga, no Território do Pajeú, ampliando os processos de fixação de carbono, evitando emissões e os impactos do aquecimento global. Ao longo desse período foram construídas referências importantes pelas mulheres através das experiências por elas desenvolvidas, destacando a importância do seu papel na preservação ambiental, conservação e recomposição do Bioma Caatinga. Cenário esse muito pouco visualizado anteriormente, cuja realidade atual vem se modificando devido ao protagonismo dos diferentes atores que vivenciam práticas e estratégias de convivência com o Semiárido – diferente do modelo de desenvolvimento que pauta as grandes obras e o agronegócio como progresso para o meio rural.

O Projeto possibilitou às mulheres a aprendizagem de práticas sustentáveis de convivência com o semiárido e de trocas de saberes e conhecimentos sobre o Bioma Caatinga. Foram plantadas 46 mil mudas de espécies nativas, contribuindo para o reflorestamento da Caatinga, como também para o resgate de plantas nativas que estão em extinção, como Pajeú, Umbuzeiro, Mandacaru, Baraúna e Aroeira.

Em parceria com a Universidade Federal de Rural de Pernambuco, através do Núcleo de Estudos, Pesquisas e Práticas Agroecológicas do Semiárido (NEPPAS), o projeto envolveu professoras e alunas estagiárias no processo de construção das oficinas temáticas, na pesquisa e elaboração de artigos científicos sobre os impactos da ação do Projeto na vida das mulheres envolvidas diretamente e de suas respectivas familiares. Outra parceria estabelecida foi com a Rede de Mulheres Produtoras do Pajeú, que apoia a organização e a comercialização em rede de produtos artesanais, de aproximadamente 40 grupos de mulheres, agricultoras e artesãs que desenvolvem atividades agrícolas e não agrícolas na Região do Pajeú.

Outra ação estimulada pelo Projeto foi a participação das agricultoras no programa de rádio Fala Mulher, para 12 municípios do Sertão do Pajeú. Por dois anos, o programa abriu espaço para ampliar os conhecimentos sobre questões relativas ao meio ambiente e aos direitos das mulheres, assim como para que as mesmas divulgassem seus saberes no campo da agroecologia e na convivência com o semiárido através das ondas do rádio.

De acordo com Silva (2007), o paradigma da convivência com o Semiárido vem sendo formulado em contrapartida ao modelo de combate à seca – das grandes obras de infraestrutura que não beneficiam a população local – para a perspectiva de “convivência com os ecossistemas frágeis a partir de processo participativos de resgate e construção cultural de alternativas apropriadas”.

O uso de tecnologias sociais e as práticas agroecológicas têm possibilitado alternativas e meios para melhorar a qualidade de vida das famílias camponesas a partir da perspectiva de convivência com o Semiárido e valorização das práticas

desenvolvidas pelas organizações que atuam nesse contexto, como a Casa da Mulher do Nordeste.

O Projeto Mulheres na Caatinga tem como principal objetivo fortalecer o manejo sustentável da Caatinga através do reflorestamento com plantas nativas. Inicialmente foi realizado um levantamento das essências nativas extraídas da natureza para o uso doméstico e quais dessas essências precisavam ser repostas ao ambiente. Junto às agricultoras e comunidades atendidas pela Casa da Mulher do Nordeste foram coletadas sementes das referidas essências nativas para armazenamento e semeadura nos viveiros para produção de mudas.

No processo de valorização das atividades desenvolvidas pelas mulheres do Bioma Caatinga, a produção de mudas de espécies nativas é vista como um instrumento estratégico na prática da educação ambiental, que contribui para a geração de renda e produção de conhecimento pelas mesmas. Isto permitiu o uso de tecnologias adaptadas de acesso à água e, de maneira mais ampla, à preservação da vida no Bioma Caatinga.

Cada participante do projeto plantou em média 200 mudas, totalizando 46 mil mudas plantadas. Para dar continuidade ao processo de reflorestamento da Caatinga no Sertão do Pajeú, além das mudas plantadas, os dois viveiros produziram mais 25 mil mudas por ano. O monitoramento das mudas plantadas nas áreas de reflorestamento foi realizado através de catalogação, identificação da espécie, numeração, registro fotográfico e relatórios.

Outra iniciativa adotada para amenizar o uso da lenha de plantas nativas da Caatinga, foi à construção de 210 fogões agroecológicos. Estes proporcionaram uma redução de 30% no uso de lenha e, conseqüentemente, da emissão de dióxido de carbono. É uma tecnologia que usa pouca lenha (gravetos), garante a durabilidade da temperatura e do fogo para o cozimento dos alimentos. Além disso, possibilitou o diálogo sobre a divisão do trabalho doméstico nas comunidades rurais, estimulando o uso do fogão pelos homens.

A literatura que versa sobre gênero e trabalho no meio rural reflete sobre o trabalho da mulher do campo, que por vezes não é considerado como trabalho, mas sim, como “ajuda”, e ainda, é desvalorizado frente ao trabalho desenvolvido pelos homens (FARIA apud HERRERA, 2013, p.1). Pode-se constatar que mesmo com todo esforço, dedicação e desdobramentos que as mulheres fazem para dar conta de todas essas atividades (produtivas e reprodutivas), seu trabalho não é reconhecido e muito menos recompensado como se deve.

Em contrapartida a isso, existe uma valorização do trabalho feminino no que se refere às práticas da agroecologia, que cada vez mais se multiplicam e o trabalho das mulheres é tido como fundamental e indispensável na consolidação da agroecologia como modelo de agricultura sustentável em toda a propriedade (CARDOSO et al, 2014).

O desafio está em garantirmos as condições necessárias e justas para as mulheres se constituírem em sujeitos de fato e de direitos nas práticas agroecológicas. Como analisa Santos (2012) sobre o lugar das mulheres na transição agroecológica.

O conceito de transição agroecológica como recurso analítico, encontra-se ainda em construção, e carece de ampliar seus estudos sobre as experiências das mulheres de transição agroecológica a exemplo dos quintais produtivos que demonstram elementos importantes: uso de técnicas agroecológicas, a segurança alimentar, a geração de renda, o fortalecimento do desenvolvimento local, as redes de solidariedade e fundamentalmente a autonomia das mulheres. (SANTOS, 2012, p. 15)

É válido ressaltar, que entendemos a agroecologia como “um campo de produção de conhecimentos que visa a construção de outro paradigma de desenvolvimento rural, [...] evitando romper o equilíbrio ecológico que dá a estabilidade aos ecossistemas naturais” (CMN, 2013a, p. 31).

É imprescindível ampliar e questionar a compreensão sobre desenvolvimento rural, no sentido de incluir a dimensão das relações de gênero e a contribuição efetiva do trabalho e importância das mulheres na construção de um outro paradigma agroecológico.

## **Tecnologias sociais**

As tecnologias sociais, práticas e procedimentos apropriados para a convivência com o Semiárido, vem sendo disseminado junto aos agricultores e agricultoras para que consigam produzir de forma sustentável, assim como fortalecer a agricultura familiar na região (UFRPE; MDA, 2012). Estas ações têm possibilitado alternativas e meios de melhorar a qualidade de vida das famílias camponesas e valorização do capital social, cultural, ambiental e econômico dessa região.

### *Fogão Agroecológico*

O fogão agroecológico, que é uma tecnologia social e ambiental, contribui na preservação do Bioma Caatinga, reduzindo o uso da lenha e, conseqüentemente, a emissão de um dos gases de efeito estufa, o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), vem, portanto, para suprir mais uma necessidade na convivência com o semiárido. Essa tecnologia também visa facilitar a vida das mulheres agricultoras, que diariamente são responsáveis pelo preparo dos alimentos, diminuindo a preocupação com a disponibilidade de lenha para esse fim, como também a diminuição dos danos à saúde, causados pela fumaça do fogão a lenha convencional (AS-PTA, 2014).

A lenha constitui mais de 80% da matriz energética utilizada para a preparação de alimentos das famílias da Caatinga. A maior parte de toda a lenha utilizada pelas famílias no preparo dos alimentos é obtida através de: desmates clandestinos, desmatamentos autorizados pelos órgãos ambientais estaduais como uso alternativo do solo e o manejo tradicional. Essa lenha que há duas décadas era obtida no entorno das residências, hoje é mais escassa, de modo que para obter uma quantidade de 20-30 kg de lenha, geralmente mulheres percorrem distâncias superiores a 6 km, e têm a cada 2-3 dias por mulheres para coletá-la. A proibição, estabelecida por Lei Federal, da utilização de lenha de espécies nativas do Bioma raramente é cumprida.

Os fogões a lenha utilizados na preparação dos alimentos são na sua maioria antigos e rústicos, baseados em tecnologias ineficientes e poluidoras, e conseqüentemente causam grandes danos à saúde humana e ambiental de forma permanente e acumulativa. Atualmente a exposição e inspiração de fumaça e fuligem de lenha, durante a preparação de alimentos é a 8ª causa mortis no mundo e a 4ª nos países em desenvolvimento, também segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), mulheres que utilizam fogões a lenha precários inalam fumaça e fuligem equivalente ao inalado ao fumar 2 maços de cigarros sem filtro diariamente. A essa realidade perversa estão submetidas 8,6 milhões de famílias brasileiras.

Como não é possível modificar a matriz energética nas condições atuais, permitir o acesso a uma educação ambiental contextualizada a essa realidade e a tecnologias de energias limpa e renovável, é estratégia fundamental para a mudança nos moldes de exploração da Caatinga, no sentido de impactar no paradigma atual do uso exploratório do Bioma, com vistas ao uso racional e sustentável da lenha extraída da vegetação nativa.

A comunicação e a educação ambiental são ações e atitudes ecológicas que ajudam a minimizar a retirada de lenha de plantas nativas do Bioma Caatinga. Minimizar a pressão humana sobre a vegetação da Caatinga é uma necessidade emergente. Segundo o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais), no período 2008-2009, o Bioma perdeu 1.921 Km<sup>2</sup> de sua cobertura vegetal remanescente, indicando uma taxa anual de desmatamento na ordem de 0,23% no período.

A agricultora Maria Suely, participante do Projeto Mulheres na Caatinga e residente no município de Ingazeira, no sertão do Pajeú, traz seu relato sobre sua experiência com o fogão agroecológico.

Meu maior prazer em relação ao fogão agroecológico é a economia e renda que vem gerando aqui em casa. Eu faço muito bolo e *doce para entregar ao Programa de Aquisição de Alimentos (PAA)*, então não preciso mais utilizar o gás para cozinhar, beneficiar meus alimentos e produção. Ai está a economia. Através do meu fogão agroecológico estou mostrando aos meus vizinhos a importância da preservação da Caatinga, fazendo o uso racional da lenha. Eles me visitam para conhecer a tecnologia e multiplicar essa ideia.

### *Experiências dos Viveiros de Mudanças*

Nas últimas décadas, os projetos que englobam tecnologias sociais aliadas com melhores condições de vida para conviver com as regiões semiáridas têm apresentado inúmeros benefícios e, cada vez mais, surgem novas propostas a serem implantadas a fim de contribuir com a agricultura familiar e a socialização de inovações não mercantilizadas – conhecimentos e saberes construídos pela própria comunidade.

Desta forma, foram criados meios de minimizar e em muitos casos solucionar esses problemas por meio das tecnologias de convivências com o Semiárido, a

exemplo da construção de diferentes tipos de cisternas e barragens para captação e armazenamento de água da chuva para o consumo humano e animal; produção de alimentos agroecológicos, bancos de sementes, sistemas agroflorestais, quintal produtivo, extrativismo sustentável; produção de alimento para os animais como fenação, ensilagem, banco de proteína e viveiros de mudas (ASA, 2012).

Para garantir o plantio das árvores nativas da Caatinga a Casa da Mulher do Nordeste, através do Projeto Mulheres na Caatinga, investiu na organização de viveiros de mudas. Essências nativas da Caatinga estão sendo produzidas nesses viveiros e distribuídas para as mulheres agricultoras. Com a orientação da equipe técnica da CMN as mulheres cultivam essas mudas e plantam com objetivo de recuperar áreas degradadas. Em dois anos de implantação do Projeto, foram produzidas e distribuídas cerca 46 mil mudas de espécies florestais nativas da Caatinga, para 210 mulheres participantes do Projeto.

Com a orientação da equipe técnica da Casa da Mulher do Nordeste, das mudas plantadas pelas mulheres, 21 mil delas foram catalogadas, com a elaboração de fichas contendo informações de cada planta: numeração e espécie e coletou o georreferenciamento de cada área. Esses dados coletados estão sendo inseridos em um banco de dados, que fornecerá informações a respeito das espécies que foram plantadas, bem como plantas que sobreviveram, nomes das participantes, localidades, estimativos da fixação de carbono, levantamento comparativo do uso da lenha pelo fogão tradicional e pelo fogão agroecológico. O objetivo final é que esses dados sejam disponibilizados e possam contribuir para estudos e análises sobre a realidade da vida na Caatinga.

Nos viveiros foram multiplicadas cerca de 10 espécies florestais nativas, que são elas: Baraúna, Angico, Umburana de Cheiro, Pereiro, Tamboril, Pajeú, Mulungú, Ingazeira, Aroeira, Angico, além de uma espécie frutífera nativa, o Umbuzeiro.

A Casa da Mulher do Nordeste analisa que essas ações desenvolvidas no contexto do Projeto Mulheres na Caatinga, têm sido importante para o resgate de plantas nativas, que em sua maioria já estão em extinção. E a maior contribuição nesse processo, está sendo dada pelas mulheres que estão engajadas no processo de produção de mudas e no reflorestamento de áreas degradadas. Através dessa ação percebemos que aos poucos a Casa da Mulher do Nordeste tem conseguido não só envolver as mulheres, mas também está despertando a conscientização dos familiares e membros das comunidades para a preservação do Bioma Caatinga, visando assim construir outra paisagem na Região do Pajeú.

A agricultora Maria José Pereira da Rocha 34 anos residente na comunidade de São Miguel em São José do Egito, já produziu cerca de 2.500 mil mudas de espécies nativas para o plantio. Segundo ela a produção das mudas nativas é importante, pois causa um sentimento de preservação da vida, mobiliza a juventude e a comunidade para um olhar de preservação da caatinga.

Eu sinto muito prazer em produzir e também doar mudas que estão em extinção para outras pessoas de outras comunidades poderem

plantar. Tudo a gente tira da mata, lenha, madeira, casca para fazer remédios, alimentos para os animais e frutas para consumo de casa, se não existisse a Caatinga seria como não ter água.

### *Farmácia Viva das Mulheres*

O uso de plantas medicinais da Caatinga é uma das práticas mais antigas utilizadas pelas mulheres. É tão antiga quanto à própria existência dos seres humanos. A Organização Mundial de Saúde (OMS) estimou, na década de 1990, que cerca de 70% das pessoas que vivem em países em desenvolvimento dependiam de plantas medicinais como sendo a única maneira de cuidar da saúde.

No Sertão do Pajeú, a medicina popular é fruto da mistura de saberes de diversos grupos indígenas que povoavam esta região e de maneira muito especial dos saberes das mulheres sertanejas. Com destaque para os tapuias-cariris, que habitavam largas porções do agreste e do sertão, também para os povos das comunidades tradicionais quilombolas e os colonizadores portugueses. Podemos dizer então que, a maioria das formas de uso das plantas medicinais usadas no Sertão do Pajeú, é resultado da interação de diferentes culturas.

O Projeto Mulheres na Caatinga realizou um levantamento sobre plantas medicinais com as agricultoras durante as oficinas temáticas sobre Bioma Caatinga e Agroecologia, com o objetivo de registrar e preservar o conhecimento popular das mulheres.

A metodologia usada foi a de caminhada pela Caatinga e reconhecimento das mulheres para coletar flores, folhas, galhos cascas e raízes e depois foi socializado em uma roda de diálogo, trazendo suas observações, conhecimentos e receitas sobre o uso medicinal das plantas da Caatinga.

Os conhecimentos sobre a utilização e as receitas das plantas medicinais provêm em geral, do repasse de mãe para filhas e do conhecimento dos mais velhos, com esses saberes. Geralmente são utilizadas partes das plantas nas preparações dos remédios caseiros ou do mato, como são popularmente chamados. As mais citadas foram às raízes, casca do caule, folhas, flores, frutos e sementes. A forma de preparo dos remédios caseiros foram as mais diversas possíveis, como lambedor (xarope caseiro), chás por cocção e infusão, suco, macerado em água, banho de assento e compressas.

As indicações medicinais foram recomendadas de acordo com o relato dos conhecimentos populares e empírico, onde verificou-se que as mulheres utilizam a fitoterapia como forma de prevenção e cura de muitas doenças.

### **Conclusões**

O Projeto Mulheres na Caatinga proporcionou muitos aprendizados através de suas ações, mobilizando as mulheres agricultoras que vivem na Região do Pajeú, para intervirem na recuperação de áreas degradadas da vegetação da Caatinga.

Na relação de parcerias, o projeto criou oportunidades para a construção de um espaço de discussão e troca de saberes entre a Casa da Mulher do Nordeste

com a universidade, os movimentos sociais, as organizações não governamentais e governamentais, sobre a agroecologia como campo de construção de conhecimento. Visou interligar esse conhecimento a outras experiências que vêm sendo desenvolvidas na perspectiva da Convivência com o Semiárido, como também aprofundar a discussão sobre modelo de desenvolvimento rural.

As oficinas de formação suscitaram discussões importantes da vida das mulheres. Foram momentos oportunos para desmitificar certas concepções, esclarecer e dialogar acerca dos direitos das mulheres e da sua atuação nos mais vastos campos. Importante ressaltar que quando se fala em direitos das mulheres, não se trata de um direito dado, mas sim, de um direito conquistado, fruto da sua luta e organização.

A coleta de dados visando mensurar a captura de carbono está sendo realizado através de um estudo para mensurar, de forma prospectiva, a capacidade potencial de sequestro de carbono das áreas utilizadas para recomposição da vegetação da Caatinga. As informações extraídas, tanto do monitoramento das áreas quanto do estudo, são componentes fundamentais na estruturação do Banco de Dados que está sendo construído ao longo de todo o processo de execução do Projeto, com a participação das mulheres junto e da equipe da Casa da Mulher do Nordeste. A coleta orientada de dados, para alimentar o Banco, está revelando muitos aprendizados, que vêm proporcionando as mulheres conciliar o saber empírico, construído no seu cotidiano na relação com a Caatinga, com o saber científico referendado em pesquisas e estudos científicos.

Desta forma, as mulheres vêm se colocando como agentes fundamentais para uma ação transformadora do manejo da Caatinga e na construção de novas relações de gênero no contexto do Semiárido. Relações mais humanas e justas e que buscam a igualdade de gênero.

O trabalho das 210 mulheres participantes do Projeto Mulheres na Caatinga, através do plantio das 46 mil mudas de plantas nativas, está fortalecendo o manejo sustentável da Caatinga e dos quintais produtivos agroecológico. É através das mãos das mulheres da Caatinga que a Mata Branca – do tupi-guarani *caa* (mata) e *tinga* (branca) - irá florescer em cada quintal agroecológico do Semiárido Pernambucano.

A conscientização da importância do trabalho da mulher no campo já começou no sertão do Pajéu e desejamos colher bons frutos carregados de justiça e igualdade para as mesmas nessa e em outras regiões do país. Isto pode ser reforçado através da divulgação como a ocorrida durante o III Encontro Nacional de Agroecologia (III ENA), realizado em 2014, em Petrolina, Pernambuco, cujo tema central foi voltado para a valorização e reconhecimento do trabalho feminino do desenvolvimento da Agroecologia.

## Referências

ASA. **Caminhos para a convivência com o semiárido**. 12.ed. Recife: ASA, maio 2012.

AS-PTA. **Fogão ecológico**: pequeno manual de construção. Paraíba: AS-PTA, 2014.

BAPTISTA, N ; BARBOSA, A.; PIRES, A. **A estiagem e a seca em um novo contexto do Semiárido brasileiro**. Le Monde Diplomatique Brasil, abril de 2013. Disponível em: <<http://www.diplomatique.org.br/artigo.php?id=1400>> Acesso em: 26 mai.2015.

CARDOSO, E.; NOBRE, M.; SILVA, N.; PIMENTA, S.; SCHOTTZ, V. **Sem feminismo não há agroecológica**. GT Mulheres da ANA. Brasil, maio de 2014. (Folheto)

CASA DA MULHER DO NORDESTE. **Mulher e Trabalho**. Casa da Mulher do Nordeste, Recife, 2013a.

\_\_\_\_\_. **Projeto Mulheres na Caatinga**. Patrocinado pelo Programa Petrobras Ambiental. Casa da Mulher do Nordeste. Recife, 2013.

\_\_\_\_\_. **Projeto Mulheres na Caatinga**. Relatórios período de 2013-2015. Programa Petrobras Ambiental. Casa da Mulher do Nordeste. Recife, 2015.

CASA DA MULHER DO NORDESTE. **Mulheres na Caatinga: sabores e poesias**. Casa da Mulher do Nordeste patrocínio Petrobras Ambiental. Recife, 2015.

HERRERA, Karolyna Marin. Uma Análise do trabalho da mulher rural através da perspectiva as multifuncionalidade agrícola. **Seminário Internacional Fazendo Gênero 10**. (Anais Eletrônicos), Florianópolis, 2013.

MOURA, M. S. B. et all. **Clima e água de chuva no semiárido**. s/d. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/36534/1/OPB1515.pdf>>. Acesso em: 26 mai.2015.

Núcleo de Estudos, Pesquisa e Práticas Agroecológicas do Semiárido da UFRPE/ UAST. **MULHERES E AGROECOLOGIA: fogão agroecológico uma tecnologia de convivência com o Semiárido**. Recife, Abr. 2015.

UFRPE; MDA. **Relatório analítico e propositivo do Território do sertão do Pajeú**. 2012. Disponível em: <<http://sit.mda.gov.br/download/ra/ra082.pdf>>. Acesso em: 26 mai. 2015.

SANTOS, G. G.. **Os Quintais Produtivos e as Mulheres: espaços de construção de autonomia e transição agroecológica**. Trabalho de Conclusão de Curso: Convivência com Semiárido na Perspectiva da Segurança e Soberania Alimentar e da Agroecologia UFRPE. Recife, 2012.

SILVA, D. D. E.; SANTOS, J. A.. Identificação dos impactos ambientais provenientes de práticas agrícolas no município de Tavares, PB. **VIII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação**. 2007. Acesso em: 28 mar. de 2015 e Disponível em: < <http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/view/2924> >.

# 13

## **Barragem subterrânea: sustentabilidade socioecológica e econômica de agroecossistemas do Semiárido do Nordeste brasileiro**

*Maria Sonia Lopes da Silva<sup>1</sup>*

*Cláudio Almeida Ribeiro<sup>2</sup>*

*Gizelia Barbosa Ferreira<sup>3</sup>*

*Jaciana Salazar da Silva<sup>4</sup>*

*Antônio Gomes Barbosa<sup>5</sup>*

<sup>1</sup> Engenheira Agrônoma, pesquisadora da Embrapa Solos UEP Recife. Rua Antônio Falcão, 402. Boa Viagem- Recife, PE. CEP 51020-230. [sonia.lopes@embrapa.br](mailto:sonia.lopes@embrapa.br)

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo. Especialista em Agroecologia. Assessor Técnico da Articulação Semiárido Brasileiro (ASA). R. Monte Alverne, 287 - Hipódromo, Recife, PE. CEP 52041-610 [claudio.almeida@asabrasil.org.br](mailto:claudio.almeida@asabrasil.org.br).

<sup>3</sup> Engenheira Agrônoma. Professora do Instituto Federal de Pernambuco, Campus Vitória de Santo Antão. Propriedade Terra Preta Zona Rural, Vitória de Santo Antão, PE, CEP 55600-000. [gizeliaferreira@gmail.com](mailto:gizeliaferreira@gmail.com)

<sup>4</sup> Fisioterapeuta, bolsista Embrapa Solos UEP Recife. Rua Antônio Falcão, 402. CEP 51020-230. Boa Viagem- Recife, PE. [jacianasalazar@gmail.com](mailto:jacianasalazar@gmail.com).

<sup>5</sup> Sociólogo. Coordenador do Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2). Articulação Semiárido Brasileiro (ASA). R. Monte Alverne, 287 - Hipódromo, Recife, PE. CEP 52041-610. [barbosa@asabrasil.org.br](mailto:barbosa@asabrasil.org.br)

### **Introdução**

A Embrapa Solos, há mais de uma década, vem desenvolvendo pesquisas com a tecnologia social hídrica barragem subterrânea no Semiárido do Nordeste brasileiro, por intermédio da sua Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento, localizada no Recife, visando a contribuir com as estratégias socioecológicas das famílias agricultoras da região, no enfrentamento das mudanças climáticas. As experiências são vivenciadas com as famílias e parceiros governamentais e da sociedade civil, de forma a promover a troca de saberes que muito tem contribuído com os avanços no uso adequado dos recursos naturais, com vistas à captação, a estocagem e o uso múltiplo da água de chuva.

A água representa o grande desafio para quem vive na região Semiárida brasileira (SAB), sobretudo para aqueles que produzem alimentos para consumo de suas famílias. A reduzida precipitação pluviométrica anual, concentrada em poucos meses, aliada às grandes quantidades perdidas por escoamento superficial, limita o acesso à água para o consumo humano e de animais e para a produção agrícola. Estas características demonstram que, para as famílias conviverem com as diferenças do clima do Semiárido, é necessário que disponham de reservatórios para guardar a água da chuva para o período da estiagem. Dentre essas tecnologias, a barragem subterrânea se destaca pela oportunidade de produzir água suficiente para obtenção de alimentos e dessedentação animal.

### **Barragens subterrâneas no Semiárido do Nordeste brasileiro**

A barragem subterrânea (BS) surgiu com agricultores interceptando/barrando leitos de rios e riachos intermitentes, visando a manter a água no solo por mais tempo. Ao longo do tempo esta prática vem sendo aperfeiçoada com a introdução de várias inovações que a tem tornado uma das protagonistas de vários programas de desenvolvimento voltados à Convivência com o Semiárido.

Na década de 1980, a Embrapa deu início as suas pesquisas com barragem subterrânea no Semiárido do Nordeste Brasileiro (SANB), através da Embrapa Semiárido, com o objetivo de proporcionar o redesenho dos agroecossistemas na região, por meio do aumento ao acesso e usos múltiplos da água para as famílias (Silva *et al.*, 2019).

A partir da década de 1990, a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) começou seus estudos com barragem subterrânea no Estado de Pernambuco, viabilizando um modelo de BS em ambientes com maior vazão de água (BRITO *et al.*, 2015).

Ainda na década de 1990, a Sociedade Civil, por meio da Articulação Semiárido Brasileiro (ASA), também iniciou seus trabalhos com BSs, atuando no desenvolvimento social, econômico, político e cultural da região, com implantações de barragens subterrâneas, entre outras tecnologias (SILVA *et al.*, 2019).

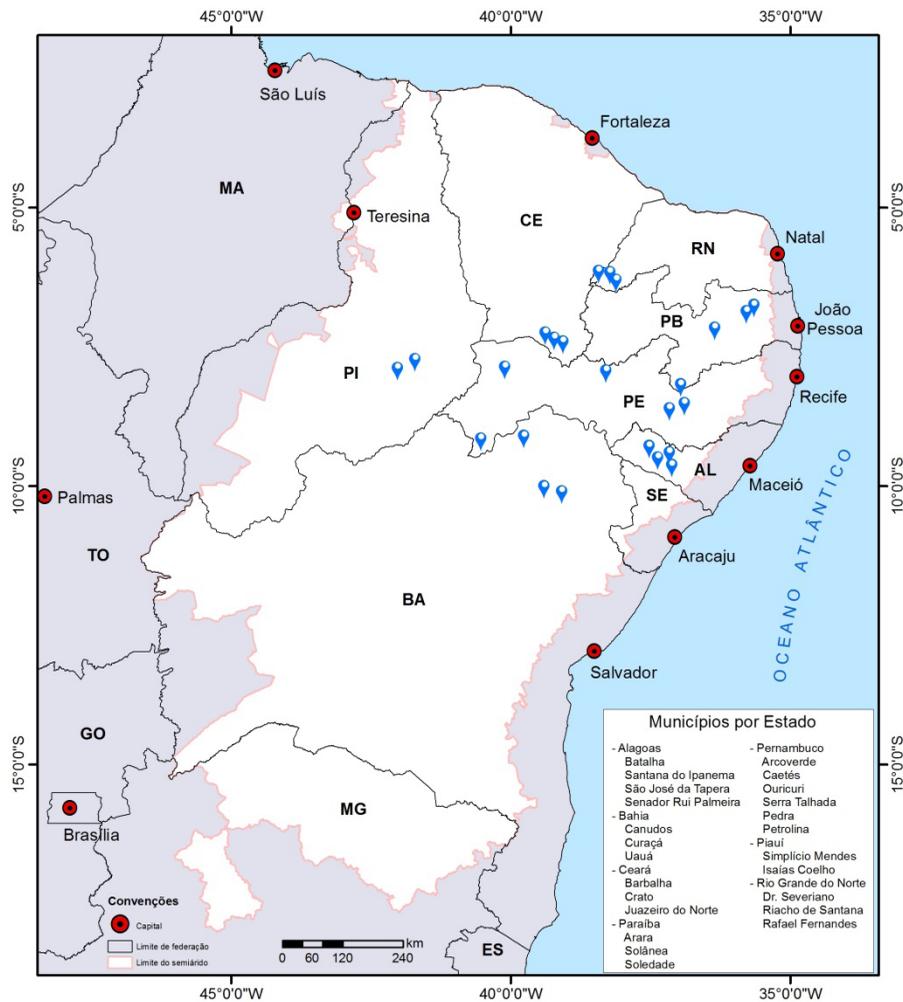
Atualmente, a BS é uma das tecnologias sociais integrante de vários programas de políticas públicas para o Semiárido, por ser uma prática de baixo custo relativo operacional, simplicidade e replicabilidade funcional, atendendo a um número significativo de famílias. Segundo Ferreira *et al.* (2011), Os agroecossistemas com barragem subterrânea constituem um dinâmico espaço de troca de saberes e conhecimentos estabelecidos por meio dos inúmeros intercâmbios realizados entre agricultores, estudantes, professores, técnicos e pesquisadores nacionais e internacionais. É um verdadeiro espaço solidário, onde a autogestão valoriza o protagonismo dos verdadeiros sujeitos da ação. Para Lima *et al.* (2013), a lógica das famílias é o desenvolvimento sustentável com geração de trabalho e distribuição de renda, mediante um crescimento socioeconômico com proteção do ecossistema.

As relações de reciprocidade vivenciadas no âmbito das BSs reproduzem e consolidam ações sociais que intensificam a capacidade de sustentar a atividade de produção e de comercialização das famílias e de valorizar a sua aprendizagem. Contabilizando programas de governo, sociedade civil e iniciativas particulares, o quantitativo de unidades construídas e de famílias contempladas, em todo Semiárido brasileiro, é de aproximadamente 3.000, beneficiando cerca de 15.000 agricultores, tomando como base cada núcleo familiar constituído por cinco pessoas. Com a implantação desta tecnologia, o cultivo de uma grande variedade de hortaliças, fruteiras, espécies florestais e grãos está influenciando o redesenho dos agroecossistemas do SANB.

As pesquisas realizadas pela Embrapa contribuíram para a inovação da tecnologia, com a inclusão de linhas de drenagem/caminhos d'água como mais uma opção de local favorável para construção; com a redução nos custos com o uso das máquinas retroescavadeira e pá carregadeira; e, principalmente, contribuiu com a introdução da lona plástica de PVC ou polietileno de 200 micras de espessura como material impermeabilizante da parede das barragens subterrâneas (MELO *et al.*, 2013).

Nas pesquisas da Embrapa os beneficiários são parte integrante das ações e atividades desenvolvidas. Estas ações têm uma abordagem participativa, nas quais agricultoras, agricultores, pesquisadores, técnicos e estudantes constituem os protagonistas que atuam nos territórios rurais do SANB para identificar, caracterizar, construir, avaliar, validar, sistematizar, socializar e irradiar as experiências dos resultados de projetos e de atividades estruturantes.

A barragem subterrânea está presente em todo Semiárido brasileiro com participação efetiva nas dinâmicas socioecológicas e econômicas das famílias que detêm a tecnologia. Entretanto, no contexto das pesquisas e ações estruturantes de irradiação da tecnologia pela Embrapa Solos UEP Recife e seus parceiros, os estudos foram e/ou estão sendo desenvolvidos em sete dos dez estados, abrangendo 21 municípios (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa mostrando a atuação da Embrapa Solos UEP Recife no Semiárido do Nordeste brasileiro. Elaborado: Laboratório de Geoprocessamento/ Davi Ferreira Silva (2020).

### Parcerias estabelecidas no âmbito de barragem subterrânea

A Embrapa Solos UEP Recife conta com uma equipe multi e interdisciplinar, onde as complementaridades de competências interinstitucionais maximizam a eficiência do desenvolvimento das atividades, para que, de forma participativa com as famílias agricultoras, contribua com o desenvolvimento sustentável do Semiárido brasileiro. Os projetos de pesquisas e ações estruturantes de irradiação da BS, no Brasil, são desenvolvidos numa ação conjunta entre: as famílias agricultoras, Unidades da Embrapa, Universidades Estaduais e Federais, Institutos Federais, Governos de Estado, (Semarh, Seagri e Emater), Instituto Nacional do Semiárido (Insa) e com as Organizações Não Governamentais associadas a Rede ASA. Quanto às parcerias internacionais, têm sido estabelecidas cooperações técnicas com instituições da Suíça, Honduras, Moçambique e Cabo Verde. Nestas cooperações foram efetuadas atividades de capacitações sobre aspectos técnicos construtivos e captação, armazenamento e uso múltiplos da água e manejo do solo e da água/irrigação em ambiente de barragem

subterrânea, para técnicos e agricultores, além da construção de unidades pilotos em Moçambique e Cabo Verde.

## Origem, tipos e modelos de barragem subterrânea

- *Origem*

Há registros do uso de barragens subterrâneas que remontam à época do Império Romano. Desde o início do século XVIII, as barragens subterrâneas vêm sendo utilizadas principalmente no Norte e Sudeste da África, Índia, Israel e Irã. Há ainda relatos de construção de barragens subterrâneas com vistas à exploração de uma agricultura de vazante nos Estados Unidos, Itália e Argentina.

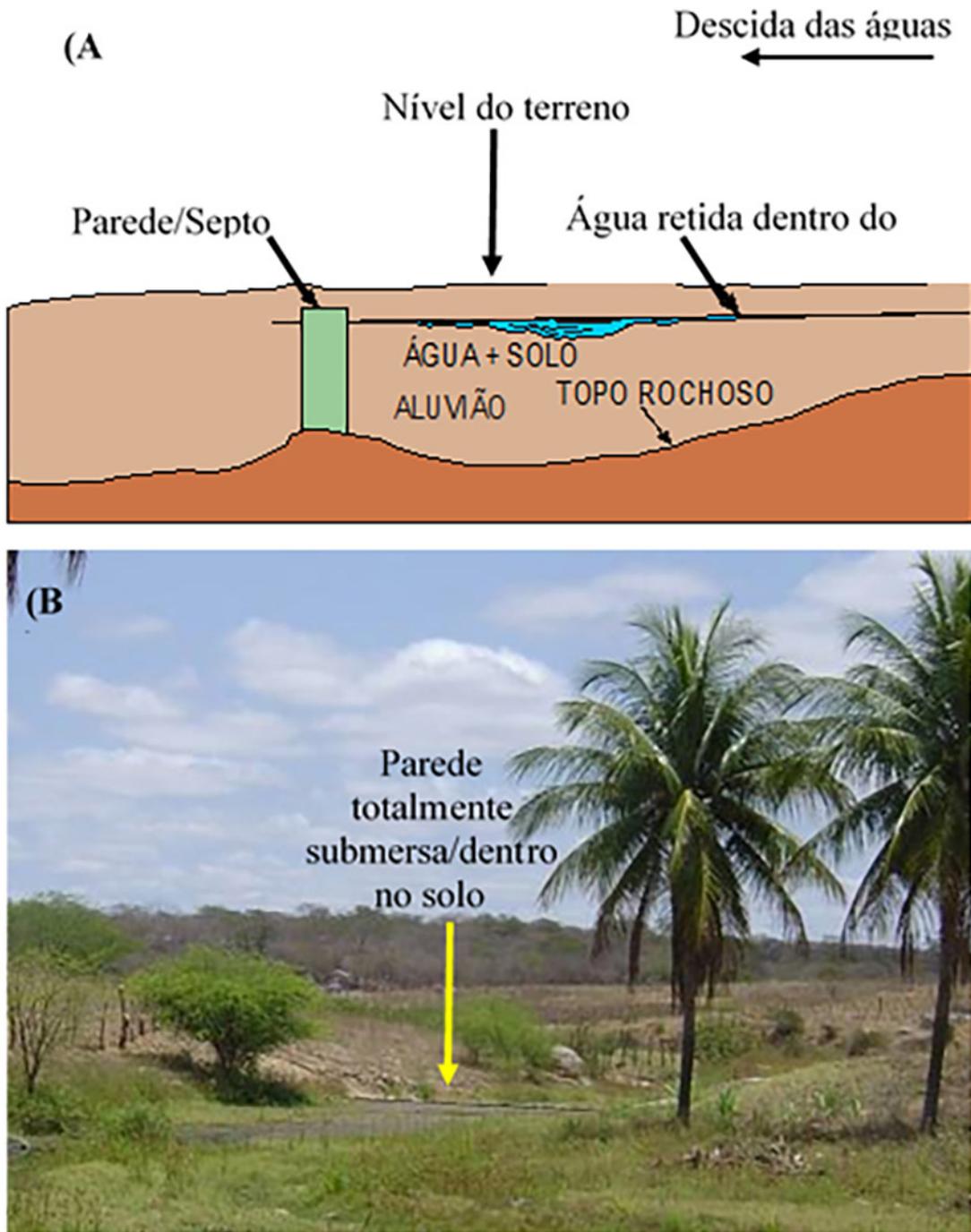
No Brasil, as primeiras barragens subterrâneas foram construídas a partir de 1887, no estado do Rio Grande do Norte. Em 1919, na Região Semiárida da Paraíba, foi construída a primeira BS do estado, onde se cultivou cana-de-açúcar e arroz. Em 1920, na Região do Seridó, no Rio Grande do Norte, foram construídas BSs para o cultivo de espécies forrageiras em sistema de agricultura de vazante. Atualmente, a tecnologia está disseminada em todo Semiárido brasileiro por meio de programas de políticas públicas e iniciativas privadas.

- *Tipos*

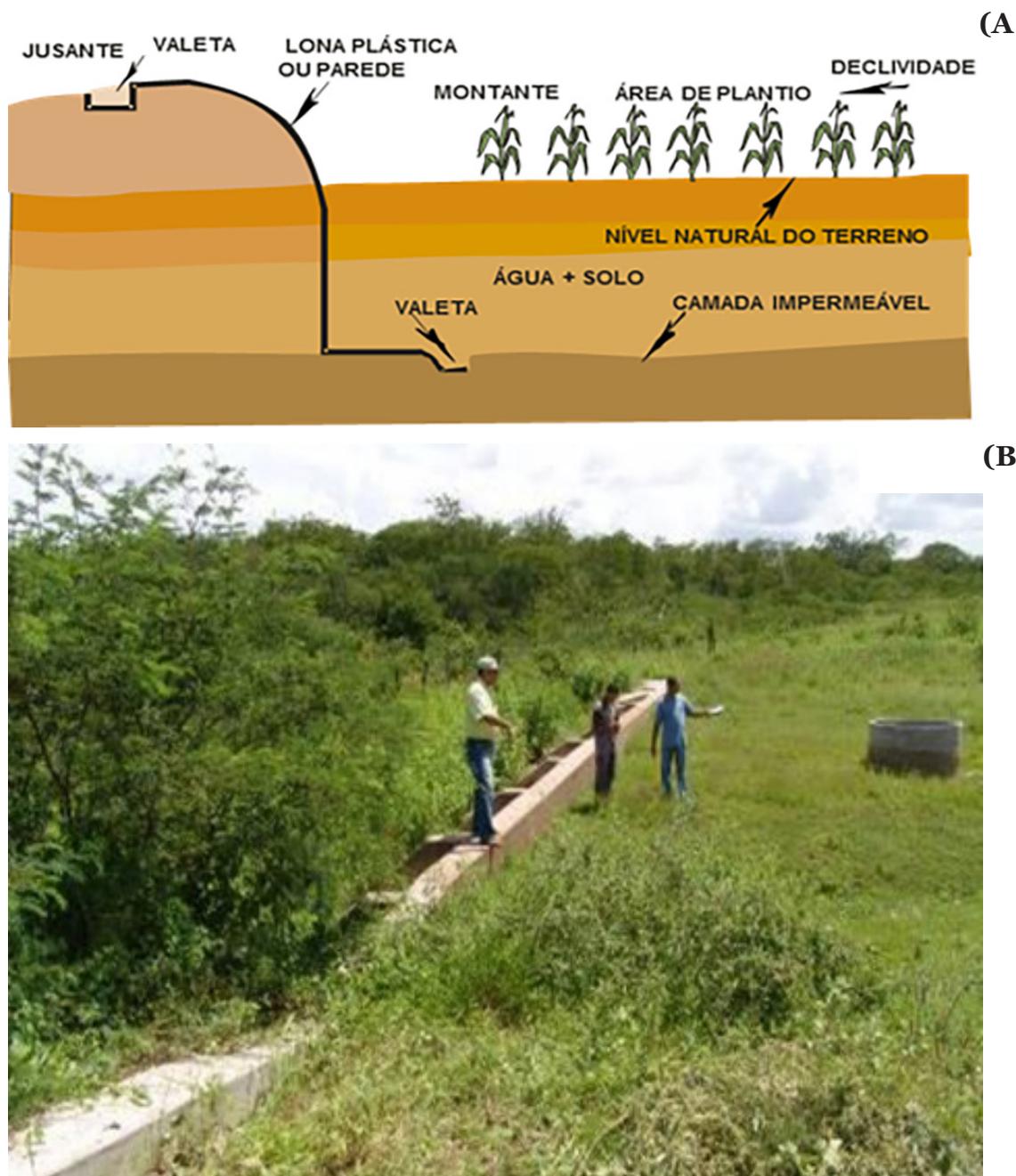
Existem dois tipos de estrutura hidráulica que possuem a função de barra/interceptar o fluxo da água dentro do solo: a barragem subterrânea submersível e a barragem subterrânea (SILVA *et al.*, 2019; LIMA *et al.*, 2013).

A barragem subterrânea submersa possui a parede totalmente dentro da terra (subsolo) /submersa, interceptando/barrando apenas o fluxo de água subterrâneo (Figura 2A e 2B). Costa (2004) recomenda para esse tipo de barragem ambiente de cursos d'água intermitente, rios e riachos de grande vazão, e uma razoável área de recarga a montante do local de construção, de forma a proporcionar boa reserva hídrica. A construção da parede pode ser de concreto ou alvenaria, sendo mais utilizado o plástico de polietileno de 02 micras. Nesse tipo de barragem é necessária a presença de aluviões mais profundos e de recargas subterrâneas suficientes para possibilitar o aproveitamento pleno da água. Já na barragem subterrânea submersível a parede/septo impermeável vai até uma altura acima da superfície do terreno, objetivando interceptar/barrar, além do fluxo de água subterrâneo, o superficial também, de tal forma que na época das chuvas se forme um pequeno lago temporário a montante (SILVA *et al.*, 2019). Essa água acumulada vai se infiltrando lentamente, proporcionando um maior armazenamento dentro do solo e, conseqüentemente, uma maior disponibilidade de água para as culturas, por um período de tempo mais prolongado, após as chuvas (Figuras 3A e 3B). A parede acima do solo possibilita com o tempo o acúmulo gradativo de sedimentos proporcionando maior capacidade de armazenamento de água. Esse

tipo de barragem subterrânea pode ser utilizado em leito de rio e riacho, de pequena a média vazão, e em linhas de drenagem, os denominados “caminhos d’água”.



**Figura 2.** (A) Desenho esquemático do funcionamento de uma barragem subterrânea submersa; (B) Barragem subterrânea submersa, em área de agricultor, município de Sertânia, PE. Desenho: Clétis Araújo (in memoriam). Foto: Maria Sonia L. da Silva (2020).



**Figura 3.** (A) Desenho esquemático do funcionamento de uma barragem subterrânea submersível; (B) Barragem subterrânea submersível, com parede de alvenaria, em área de agricultor, município de Ouricuri, PE. Desenho: Clétis Araújo (in memoriam) Foto: Maria Sonia Lopes da Silva (2020).

- *Modelos*

A partir dos tipos de barragens subterrâneas foram desenvolvidos alguns modelos que se diferenciam pela introdução de algumas inovações.

*Barragem subterrânea submersível modelo Embrapa* - A Embrapa Semiárido foi a pioneira em pesquisas sobre barragens subterrâneas submersíveis, construindo em

1982, três unidades sucessivas (sequenciadas) em uma das suas estações experimentais (Silva, 2019). Nesses estudos, foram testados a utilização do plástico de polietileno de 200 micras, como material impermeabilizante (até então eram utilizados o concreto e a argila compactada); a construção em linhas de drenagem natural ou caminhos d'água (até então eram utilizados os leitos de rios e riachos); e a utilização de sangradouro, construído com plástico, tela do tipo “pinteiro” e argamassa de cimento, brita e areia. Esse modelo (Figuras 4) ficou conhecido como modelo Embrapa. Como forma de potencializar esta umidade na bacia hidráulica, recomenda-se a utilização de cordões de contorno para aumentar o tempo de permanência da água na bacia da barragem (Melo *et al.*, 2013).

Segundo Lima *et al.*, (2013), uma vantagem desse método é a possibilidade de ampliação das áreas de construção de barragens subterrâneas submersíveis no Semiárido brasileiro, já que este tipo de BS pode ser construída fora da área aluvionar, em locais com textura que varia de arenosa a média argilosa. Outra vantagem é o uso do plástico como material impermeabilizante, em vez do concreto, diminuindo muito os custos de construção. Esse modelo funciona a partir da interrupção do fluxo do escoamento subterrâneo e superficial da água, objetivando aumentar o acesso ao uso múltiplo da água, em áreas de agricultura familiar dependente de chuva, possibilitando o cultivo de espécies alimentares (Figura 5).



**Figura 4.** Barragem subterrânea submersível, modelo Embrapa. Petrolina, PE. Foto: Maria Sonia Lopes da Silva (2016).

*Barragem subterrânea modelo Costa & Melo* - Em 1988, a partir de estudos da UFPE em aluviões do Sertão de Pernambuco, (Lima *et al.*, 2013), foi testado um modelo

de barragem subterrânea submersa, tendo como inovação a utilização do plástico de 200 micras, à semelhança do modelo Embrapa, em ambiente de leito de rio/riacho de forte vazão, e a construção de poços Amazonas a montante da parede. Esse modelo permite irrigar extensas áreas por meio de irrigação por bombeamento de água, a partir desse poço (Figura 5). Este modelo ficou conhecido como Costa & Melo em homenagem aos seus criadores e constitui-se em barragens subterrâneas de maior porte comparativamente às do modelo Embrapa e ASA.



**Figura 5.** Barragem subterrânea submersa, modelo Costa & Melo. Pesqueira, PE, 2016.  
Fonte: Oliveira *et al.*, 2010.

*Barragem subterrânea submersível Modelo ASA* - Em 1994, foram iniciadas ações de desenvolvimento com barragem subterrânea em leito de rios e riachos pela sociedade civil, por meio da ONG Centro de Assessoria e Apoio aos Trabalhadores (Caatinga), na região do Araripe, usando a argila compactada como septo impermeável. Foi a partir da Caatinga que os movimentos sociais começaram a trabalhar com barragem subterrânea (Lima *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2019), permitindo a ampliação do uso dessa tecnologia. Em 2007, a ASA Brasil implantou unidades demonstrativas de barragem subterrânea submersível nos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Pernambuco, Piauí e Sergipe, utilizando um modelo a partir das experiências da Caatinga e ao criado pela Embrapa, com algumas inovações. O modelo da ASA e o da Embrapa, apesar de armazenarem menores quantidades de água, em função da sua construção em área com menores permeabilidades, quando comparado ao modelo Costa & Melo; possibilitam às famílias a oportunidade de cultivar com o aproveitamento do espelho de água formado ou no sistema de agricultura de vazantes.

O modelo ASA (Figura 6) possui como principal inovação o uso do plástico como material impermeabilizante no aproveitamento de leitos de rios ou riachos de vazão média, até então utilizado em linhas de drenagem (modelo Embrapa) ou em rios/riachos de grande vazão (modelo Costa & Melo). Outra inovação, diz respeito

ao sangradouro que nesse modelo é fundamentalmente de alvenaria/concreto, o que propicia maior sustentação em anos de precipitação acima da média. Possui, também, à semelhança do modelo Costa & Melo, um poço a montante da parede, porém, devido ao porte da barragem, é do tipo cacimbão em vez de amazonas. Segundo Lima *et al.* (2013), o poço permite a retirada da água para diversos fins, como, por exemplo, para irrigação por gravidade, além de contribuir para o processo de renovação da água na bacia de acumulação, dessedentação humana e animal. Lima (2013) afirma ainda, que a irrigação por gravidade adicionou um ganho significativo à tecnologia por permitir um uso mais eficiente da água, principalmente no período de estiagem. Um dos principais programas responsáveis pela instalação de barragem subterrânea modelo ASAS é o Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2) que, desde o seu surgimento, em 2007, até março de 2019, construiu 1.424 barragens subterrâneas, distribuídas em todo Semiárido brasileiro.



**Figura 6.** Barragem subterrânea submersível, modelo ASA. Pedra, PE. Foto: Maria Sonia Lopes da Silva (2015).

### **Aspectos sociais e técnicos na seleção de local/família para a construção**

Na escolha do local adequado para construção de uma barragem subterrânea e seleção da família beneficiária, independentemente se submersa ou submersível, deve-se levar em consideração alguns critérios sociais e técnicos (Lima *et al.*, 2013; Melo *et al.*, 2013; Brito *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2019):

- Estabelecer critérios para escolha das famílias que irão adquirir uma unidade de barragem subterrânea.
- Apropriação da tecnologia por parte das famílias e que elas entendam sua importância na geração de renda e de valor do seu agroecossistema.

- Sensibilização e capacitação da família no que diz respeito à seleção do local, construção, manutenção da estrutura hidráulica, bem como o manejo do solo e da água e de cultivos dentro da bacia de acumulação.
- É aconselhável, quando possível, realizar análise do solo e da água antes da definição do local de sua instalação e a cada dois anos para acompanhar a fertilidade do solo e os níveis de sais, tanto no solo como na água evitando, assim, a perda da capacidade produtiva da barragem subterrânea
- Escolha do local: podem ser construídas em leitos de rio, riacho ou em linhas de drenagem natural (linhas ou “caminhos” de água).
- Tipo de solo: deve-se dar preferência aos solos de textura variando de arenosa a média (grossa).
- Camada impermeável ou rocha: deve estar a uma profundidade efetiva mínima em torno de 1,5 m, em todos os modelos, para justificar o barramento, e no máximo de 4,5 m para o modelo Embrapa, 10 m para o modelo Costa & Melo, e de 6-8 m para o modelo ASA.
- Relevo: a declividade deve ser de, no máximo, 2% para proporcionar uma maior área de molhamento.
- Vazão do rio, riacho ou linhas de drenagem: evitar áreas que possuam vazão média anual forte a muito forte, isso para os modelos Embrapa e ASA, para evitar problemas de rompimento nas estruturas da barragem subterrânea (parede e sangradouro).
- Capacidade de armazenamento do aquífero: o local deve possuir razoável área de recarga a montante, conseqüentemente boa reserva hídrica.
- Qualidade da água: de preferência sem problemas com sais.
- Precipitação média anual da região: o local deve possuir uma precipitação média mínima de 200 mm anuais para que se possa proporcionar acúmulo nas BSs.

## **Seleção das famílias e etapas da implantação**

A seleção das famílias é realizada a partir da: i) Mobilização social - escolha das comunidades envolvidas e mobilização das famílias que serão contempladas com a construção de uma unidade de barragem subterrânea; ii) Capacitação de famílias, pedreiros e técnicos da comunidade selecionada no que diz respeito aos aspectos técnicos de seleção do local adequado, aos parâmetros de construção da barragem subterrânea e ao manejo do solo, da água e da tecnologia; iii) Identificação da propriedade (caminhada com as famílias pelas propriedades para identificação do local adequado); iv) Após a identificação da família beneficiária/propriedade é efetuada a identificação da camada impermeável por meio de sondagens/aberturas de trincheiras, posteriormente se efetuará a construção. As etapas de implantação (Figura 7) constam de: i) Escavação da vala até a camada impermeável; ii) Limpeza da parede e fundo da vala (retirada de torrões, pedras e raízes para não furar o plástico, a chamada “maquiagem da vala”); iii) Abertura de mini valeta no fundo da vala; iv) Fixação da lona na mini valeta; v) Fechamento da vala; vi) Construção do sangradouro; vii) Construção do poço.



**Figura 7.** Barragem subterrânea submersível, modelo ASA (A – abertura, B- plástico estendido, C – fechamento da valeta, D – Barragem subterrânea pronta). Pedra, PE. Foto: Maria Sonia Lopes da Silva (2015).

### **Estudo de caso: Barragem subterrânea na sustentabilidade socioecológica e econômica de um agroecossistema do Médio Sertão de Alagoas**

**Local onde foi desenvolvido o estudo:** A pesquisa foi desenvolvida no **Núcleo Social** de Gestão do **Agroecossistema** (NSGA) de Seu Dedé e Dona Gilda, localizada no Sítio Bananeiras ( $9^{\circ}32'10,33''S$  e  $37^{\circ}21'53,18''W$ ), município de São José da Tapera, no Médio Sertão de Alagoas.

**Linha do tempo:** A propriedade foi uma herança que Seu Dedé recebeu do seu pai. Hoje, ele tem a posse da terra. A unidade agrícola familiar possui 48 ha, dos quais 15 hectares são de reserva de Caatinga. A família vive numa casa simples, porém confortável. No sítio, moram Seu Dedé, sua esposa Dona Gilda, um filho com esposa e filha, além da mãe de Seu Dedé. Seu Dedé e Dona Gilda casaram-se em 1984 e dessa

união foram gerados cinco filhos, dos quais três são homens (Luciano, Manoel e Marlo) e duas mulheres (Wilma e Giselda). Todos são casados com filhos, morando em suas respectivas casas, na Sede do Município de São José da Tapera.

**Benfeitorias do agroecossistemas:** Nos seus 33 ha destinados à exploração agropecuária, a família possui uma cisterna de alvenaria de 16 mil litros; dois barreiros existentes desde a época do seu pai; duas barragens subterrâneas, sendo uma delas construída com recursos próprios; roçados de macaxeira, milho e feijão; um pequeno pomar com mangueiras e coqueiros; plantas ornamentais e medicinais no entorno da casa; plantio de forragens; criação de galinhas, porcos e algumas cabeças de gado de leite. O agroecossistema é muito utilizado como área para desenvolvimento de pesquisas pela UFAL, EMATER/AL e Embrapa.

**Objetivo da pesquisa:** O estudo buscou entender como a barragem subterrânea está colaborando com as dinâmicas sociais, ambientais e econômicas no agroecossistema de seu Dedé e Dona Gilda. Para tanto, foram realizadas atividades em grupo, para estimular a participação da família na construção coletiva das ferramentas que melhor estimulasse a percepção que cada indivíduo possuía do ambiente e das transformações que ocorreram a partir da implantação da barragem subterrânea.

**Métodos/ferramentas utilizados (as):** A avaliação da sustentabilidade do sistema agrícola foi baseada na metodologia do *Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad* - MESMIS (Masera *et al.*, 1999), a partir de sete atributos gerais: produtividade, equidade, estabilidade, resiliência, confiabilidade, adaptabilidade/flexibilidade e autonomia. Para coleta de dados foram utilizadas algumas ferramentas do Diagnóstico Rural Participativo (DRP) (Verdejo, 2006): i) entrevistas semiestruturada e aberta; ii) observação participante; iii) construção de mapas de recursos naturais do agroecossistema; iv) árvore de problemas; v) calendários agrícolas de atividades e sazonal; vi) Caminhada Transversal. O levantamento e a sistematização dos dados foram realizados no período de setembro de 2018 a novembro de 2019, por meio de diálogos e a participação ativa da família e técnicos de Ater. Para a avaliação da sustentabilidade foram considerados os seguintes níveis: 0 - Significa insustentável; 1 - nível muito baixo de sustentabilidade; 2 - nível baixo; 3 - nível razoável; 4 - nível bom; 5 - nível alto de sustentabilidade.

**Resultados:** Para a identificação dos subsistemas, a família desenhou mapas atuais do agroecossistema, (Figura 7A e 7B), que nos permitiu observar a organização da propriedade, os reservatórios de água e os subsistemas. Essa atividade foi realizada a partir da percepção de Dona Gilda, Seu Dedé e de um dos filhos do casal, o Manoel. E teve como objetivo constituir reflexão da família para a avaliação da sustentabilidade. O roteiro da entrevista semiestruturada foi adaptado de Ferreira *et al.* (2013). A avaliação

da sustentabilidade foi representada em gráficos do tipo radar (ameba), construídos pela família, para as dimensões social, ambiental e econômica (Figura 8A, 8B e 8C).



**Figura 7.** Mapa da propriedade construído por Manoel, um dos filhos do casal e Dona Gilda e Seu Dedé construindo os gráficos de sustentabilidade. São José da Tapera, Alagoas.

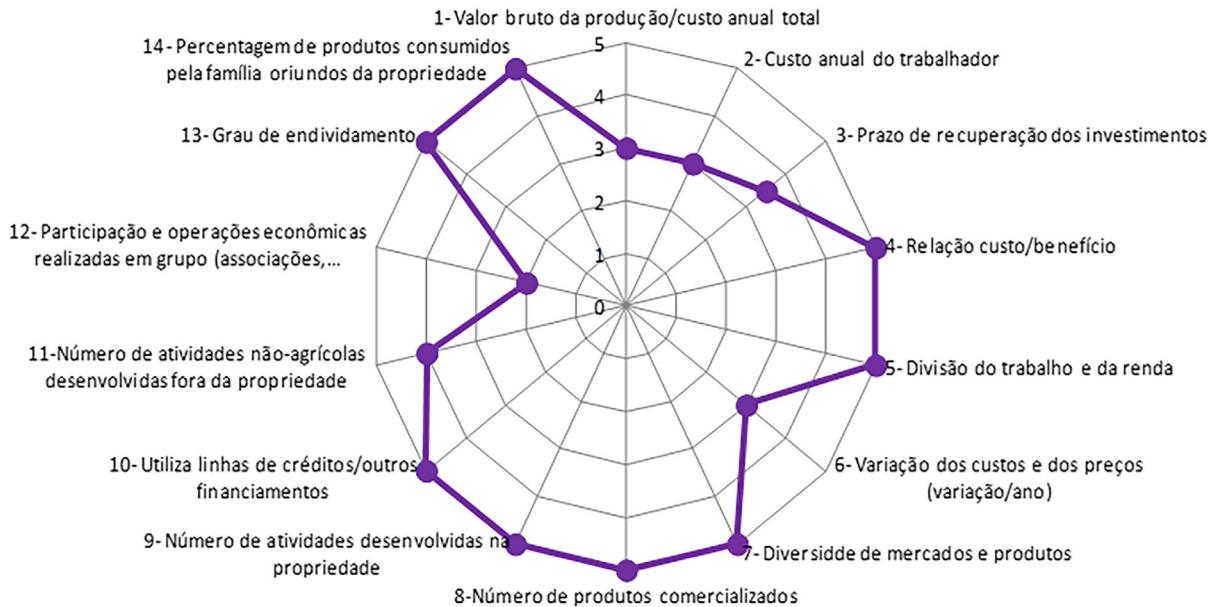
### A - Dimensão Social



## B - Dimensão Técnico Agrônômica/Ambiental



## C - Dimensão Econômica



**Figura 8.** Avaliação da sustentabilidade social (A), sustentabilidade ambiental (B) e sustentabilidade econômica (C).

A dimensão social apresenta uma maior estabilidade quando comparada às dimensões ambiental e econômica. Percebe-se, claramente, a importância que as estratégias de convivência com o Semiárido, utilizadas pela família, estão conduzindo-a em direção a um agroecossistema mais sustentável, superando as limitações sociais e ambientais, tendo a barragem subterrânea como determinante para aperfeiçoar e equilibrar o sistema agrícola produtivo. A assessoria técnica fornecida pelas ONGs locais e instituições públicas (Emater, Embrapa e Universidades) está contribuindo para que a família exerça uma relação dialógica e de empoderamento, o que tem estimulado dinâmicas de transformação social e ambiental importantes no sistema agrícola familiar de Dona Gilda e Seu Dedé.

Na dimensão ambiental, percebe-se que o agroecossistema está utilizando desenhos produtivos estratégicos, que estão possibilitando maior resiliência frente às últimas secas que castigaram a região.

Quando a barragem subterrânea chegou aqui trouxe junto com ela os técnicos e com eles aprendemos a manejar nossa propriedade de forma agroecológica, para que possamos manter a água, o solo e as plantas com mais sustento. Até agora, aqui em casa, não sofremos por falta de chuva, mesmo com a ocorrência de chuva, abaixo da média, desde 2010.

Manoel, filho de Seu Dedé, 2019

A fragilidade verificada do agroecossistema se dá na dimensão econômica, nos indicadores de números 6 - variações dos custos e dos preços dos produtos, e 12 - participações e operações econômicas realizadas em grupos. No entanto, a partir da diversificação promovida pela barragem subterrânea, estão ocorrendo mudanças na adaptação e autonomia do sistema produtivo, principalmente na comercialização com a criação da cooperativa Casa do Produtor. A dimensão social apresenta uma maior estabilidade quando comparada às dimensões ambiental e econômica. Percebe-se, claramente, a importância que as estratégias utilizadas pelas famílias de convivência com o Semiárido estão conduzindo-a em direção a um agroecossistema mais sustentável, superando as limitações sociais e ambientais, tendo a barragem subterrânea como determinante para aperfeiçoar e equilibrar o sistema agrícola produtivo. A assistência técnica fornecida pelas ONGs locais e instituições públicas (Emater, Embrapa e Universidades) está contribuindo para que a família exerça uma relação dialógica e de empoderamento, o que tem estimulado dinâmicas de transformação social e ambiental importantes no sistema agrícola familiar de Dona Gilda e Seu Dedé.

## **Considerações finais**

A partir da vivência da família, verifica-se a importância da barragem subterrânea na motivação das atividades agropecuárias, no ambiente de troca que a água captada tem proporcionado, seja por alimentos, conhecimentos ou serviços. O acesso à água, principalmente por meio da barragem subterrânea, está possibilitando

à família algumas transformações socioecológicas positivas como o aumento da capacidade produtiva de seu sistema agrícola. Esse fenômeno está proporcionando estabilidade e resiliência do agroecossistema, devido à participação social da família e as estratégias de captação, uso e manejo do solo, da água e a diversidade de cultivos do seu sistema de produção.

Um grande desafio que se tem enfrentado diz respeito a seleção do local adequado para implantação de unidades de barragens subterrâneas. Para superar este desafio está sendo desenvolvido um projeto que está sendo executado pela Embrapa e parceiros o **Zoneamento edafoclimático participativo de áreas potenciais para construção de barragens subterrâneas em unidade agrícola de base familiar no Agreste e Sertão de Alagoas - ZonBarragem**. Este projeto, na primeira etapa de execução teve como objetivo identificar e especializar geoambientes com aptidão para implantação de barragens subterrâneas na região Semiárida do Estado de Alagoas. Ao final desta etapa foi gerado um mapa com as classes de potencial (baixa, média e alta) para implantação de barragens subterrâneas. Tal documento, está subsidiando tomadas de decisão em programas de políticas públicas do estado, voltados à inserção social e produtiva de agroecossistemas de base familiar, em áreas dependentes de chuva, a exemplo do Programa Barragem Subterrânea, lançado em dezembro de 2019, concomitantemente com o lançamento do mapa do ZonBarragem. A existência de rede sociotécnica de cooperação e colaboração estabelecida para a gestão técnica e das relações institucionais está colaborando com a redução da vulnerabilidade social do NSGA. E isto, só está sendo possível pelo estabelecimento de ambiente de troca de saberes e construção do conhecimento agroecológico advindo do aumento ao acesso e usos múltiplos da água por meio da barragem subterrânea. A geração de valor e renda, produção de riqueza e o exercício da integração social estão evidenciando o papel da agricultura familiar não só como oportunidade de reprodução econômica, mas principalmente como modo de vida. Iniciativas e processos sociais que apontam para formas de produção mais sustentáveis se mostram crescentes e configuram-se como formas diversificadas e viáveis, de sistemas agrícolas baseados na agricultura familiar, que promovam a segurança alimentar, os serviços ecossistêmicos, e a energia renovável, visando a inclusão socioprodutiva das famílias, a resiliência e a sustentabilidade do NSGA.

## Referências

BRITO, L. T. de L.; SILVA, M. S. L. da; ANJOS, J. B. dos; OLIVEIRA NETO, M. B. de; BARBOSA, A. G. Tecnologias de captação, manejo e uso da água de chuva no setor rural. In: SANTOS, D. B. dos; MEDEIROS, S. de S.; BRITO, L. T. de L.; GNADLINGER, J.; COHIM, E.; PAZ, V. da S.; GHEYI, H. R. (ed). **Captação, Manejo e Uso de Água de Chuva**, Campina Grande, PB: INSA. cap. 11, p. 253-257, 2015. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/153087/1/2016-130.pdf>

FERREIRA, G. B.; COSTA, M. B. da; SILVA, M. S. L. da ; MOREIRA, M. M.; GAVA, C. A. T.; CHAVES, V. C.; MENDONÇA, C. E. S. . **Sustentabilidade de agroecossistemas com barragens subterrâneas no semiárido brasileiro: a percepção dos agricultores na Paraíba.** Revista Brasileira de Agroecologia, v. 6, n. 1, p. 19-36, 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/36516/1/Artigo-publicacao-Resv.Bras.Agroecologia.pdf>

MASERA, O.; ASTIER, M.; LÓPEZ-RIDAURA, S. **Sustentabilidad y manejo de recursos naturales:** el marco de evaluación MESMIS. México: Mundi Prensa, 1999. 109 p. Disponível em [https://www.researchgate.net/publication/299870632\\_Sustentabilidad\\_y\\_manejo\\_de\\_recursos\\_naturales\\_El\\_Marco\\_de\\_evaluacion\\_MESMIS](https://www.researchgate.net/publication/299870632_Sustentabilidad_y_manejo_de_recursos_naturales_El_Marco_de_evaluacion_MESMIS)

MELO, R. F. de; ANJOS, J. B. dos; PEREIRA, L. A.; BRITO, L. T. de L.; SILVA, M. S. L. da. **Barragem subterrânea.** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. 2 p. (Embrapa Semiárido. Instruções Técnicas, 96). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54893/1/INT96.pdf> e <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/93400/1/CTE104.pdf>

LIMA, A. de O.; DIAS, N. da S.; FERREIRA NETO, M.; SANTOS, J. E. J. dos; REGO, P. R. de A.; LIMA-FILHO, F. P. **Barragens subterrâneas no Semiárido brasileiro: análise histórica e metodologias de construção.** Revista Irriga, Botucatu, v. 18, n. 2, p. 200-211, 2013 (Nota Técnica). Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/287595335\\_Barragens\\_subterraneas\\_no\\_Semiarido\\_brasileiro\\_analise\\_historica\\_e\\_metodologias\\_de\\_construcao](https://www.researchgate.net/publication/287595335_Barragens_subterraneas_no_Semiarido_brasileiro_analise_historica_e_metodologias_de_construcao)

SILVA, M. S. L. da; LIMA, A. de O.; MOREIRA, M. M.; FERREIRA, G. B.; BARBOSA, A. G.; MELO, R. F. de; OLIVEIRA NETO, M. B. de. Barragem subterrânea. In: XIMENES, L. F.; SILVA, M. S. L. da; BRITO, L. T. de L. (Ed). **Tecnologias de convivência com o Semiárido brasileiro.** Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2019. cap. 2, p. 223-281. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/201887/1/Barragem-subterranea-2019.pdf>

VERDEJO, M. E. **Diagnóstico Rural Participativo.** Brasília: MDA/Secretaria da Agricultura Familiar, 2006, p. 65.

## Conclusões e Recomendações Finais

*Flávia de Barros Prado Moura<sup>1</sup>*

*José Vieira Silva<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Laboratório de Plantas Tropicais. Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde – UFAL. CRad Baixo São Francisco. *Campus* A.C. Simões. Maceió – AL

<sup>2</sup> CRad Baixo São Francisco. *Campus* Arapiraca – UFAL. Av. Manoel Severino Barbosa, s/n. AL 115, km 6,5. Bairro Bom Sucesso. Arapiraca – AL.

A Caatinga é um bioma particular, com alta diversidade biológica e pressão acentuada sobre seus recursos. Conservar e recuperar as áreas degradadas no semiárido brasileiro é um desafio enorme, que exige um alto investimento financeiro, tecnologia acessível e mobilização de comunidades afetadas diretamente pelos processos de degradação.

Técnicas de restauração concebidas para os ecossistemas subtropicais e florestas tropicais úmidas têm sido sistematicamente adotadas em terras áridas e semiáridas de todo o mundo, inclusive na Caatinga. Tais modelos, adotados com relativo sucesso em ambientes onde a imprevisibilidade climática é baixa (JAMES et al., 2013), têm se mostrado ineficientes nestes ambientes onde há flutuações climáticas rotineiras e estresses severos. O baixo sucesso de projetos de restauração em terras secas, sujeitas a estresse hídrico prolongado, pode ser consequência prática de erros teóricos, como já reportados por vários autores CARRICK E KRUGER, 2007; HARDEGREE et al., 2011; SHELEY et al., 2011; MOURA; MENDES MALHADO; LADLE, 2013) defendem que na Caatinga Brasileira alguns projetos de restauração foram desenhados usando modelos teóricos inadequados para representar a sucessão ecológica em ecossistemas de terras secas, o que implicaria custos elevados e resultados insatisfatórios. Vale considerar também que a Caatinga, assim como em outras áreas semiáridas do planeta, geralmente está exposta aos impactos do pastoreio excessivo e extração para atender à demanda local por madeira e PFNMs (Produtos Florestais Não Madeireiros). Estes fatores precisam ser considerados nos projetos de restauração no semiárido brasileiro.

O número de projetos experimentais na Caatinga, destinados a recuperar áreas degradadas ainda é muito pequeno, embora tenha aumentado nos últimos anos, permitindo algum avanço do conhecimento prático e científico.

Há poucos artigos disponíveis sobre os projetos de restauração em terras semiáridas no Brasil (DANTAS et al., 2015; FIGUEIREDO et al., 2012; MOURA; MENDES MALHADO; LADLE, 2013). Há alguns projetos em andamento aos cuidados

de ONGs e associações, bem como inúmeros trabalhos acadêmicos de pesquisa realizados em programas de pós-graduação, mas ainda não foram publicados. Até junho de 2015, no banco de teses e dissertações da CAPES, foram registradas apenas oito dissertações, que discutem técnicas de restauração no semiárido LIMA, 2012; VIEIRA, 2012; SOARES, 2012; PEREIRA, 2011; BESSA, 2012; PIMENTEL, 2011; DANTAS-DE-LIMA, 2012; MEIADO, 2012). Destes, apenas quatro avaliaram técnicas que incluem plantio de mudas. Estes poucos estudos foram realizados há menos de cinco anos, o que indica como a área de conhecimento ainda é jovem e pouco consolidada no Brasil. Apenas duas destas dissertações já resultaram em artigos publicados (DANTAS, 2015; FIGUEIREDO et al., 2012)

Um dos maiores obstáculos à recuperação de áreas degradadas de Caatinga é a falta de conhecimento sistematizado ou mesmo a não divulgação de resultados prático-aplicados entre as entidades da região que trabalham com o tema. Embora vários estudos sobre ecologia da Caatinga tenham sido publicados nos últimos anos, estes não traduzem nossa capacidade de restaurar estes ambientes. Até o presente, o conhecimento ecológico disponível não produziu avanços proporcionais para embasar a restauração de áreas degradadas da Caatinga.

São poucos os trabalhos que estimam as métricas de crescimento e sobrevivência das plantas da Caatinga e que incluam aspectos socioeconômicos. A descontinuidade dos projetos, assim com a limitação de recursos financeiros e a falta de política pública integrada para combater os problemas ambientais da região, também têm sido um grande obstáculo à aquisição de dados conclusivos.

As dificuldades apontadas para a Caatinga são semelhantes a outras áreas de semiárido tropicais do mundo. Apesar das inúmeras dificuldades, não há dúvidas sobre as potencialidades para estudos de longa duração sobre restauração em terras secas na Caatinga. Talvez seja uma das áreas secas tropicais com melhores condições para a realização de estudos de longa duração, uma vez que está situada num país sem conflitos armados, com uma rede científica substancial e com universidades inseridas no contexto do semiárido.

É bastante provável que o conhecimento acadêmico sobre restauração no semiárido brasileiro aumente muito nos próximos anos. A análise dos resultados e limitações destes projetos à luz de teorias ecológicas poderá representar um avanço no arcabouço conceitual para a restauração dos ambientes secos (*drylands*) no planeta.

É importante considerar que as implicações práticas da restauração de terras secas são extremamente positivas não só do ponto de vista teórico e de conservação do ambiente, mas principalmente do ponto de vista social. Terras áridas e semiáridas são habitadas pelas populações humanas mais pobres e negligenciadas do planeta e seus recursos naturais apresentam um papel crucial na luta contra a pobreza, as alterações climáticas e a desertificação. A forma como a conservação é trabalhada nestas áreas, têm implicações não só para a conservação da diversidade biológica global e da fertilidade dos solos, mas também na sobrevivência de milhares de pessoas que hoje habitam estas regiões em cinco continentes do planeta. Avançar na estrutura de estudo

conceitual e metodológico para restaurar terras secas é um desafio que está posto e que a academia, os governos e a sociedade precisarão se unir para enfrentar com coragem, habilidade e sabedoria, caso se queira reverter o quadro atual de degradação.

## Referências

BESSA, M. C. **Estabelecimento de plantas nativas da caatinga em um gradiente de salinidade do solo sob condições controladas.** Mestrado Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará

CARRICK, P.J. , KRUGER, R. (2007) Restoring degraded landscapes in lowland Namaqualand: Lessons from the mining experience and from regional ecological dynamics. **Journal of Arid Environments**, 70, 767–781.

DANTAS, K. et al. SELEÇÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS PARA REVEGETAÇÃO DE ÁREAS. **Revista Caatinga, Mossoró**, v. v. 28, n. , p. 203–213, 2015.

DANTAS, K.; DE LIMA, R. Universidade Federal Rural do Semi-Árido Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo Avaliação de espécies arbóreas e técnicas de plantio para recuperação de áreas degradadas por exploração de piçarra na caatinga, RN. 2012.

FIGUEIREDO J.M, ARAÚJO J.M, PEREIRA O.N, BAKKE I.A. BAKKE O.A. 2012. Revegetation of degraded caatinga sites. *Journal of Tropical Forest Science* v. 24, n. 3, p. 332–343, 2012.

JAMES, J. J. et al. A systems approach to restoring degraded drylands. **Journal of Applied Ecology**, v. 50, p. 730–739, 2013.

HARDEGREE, S.P., JONES, T.A., ROUNDY, B.A., SHAW, N.L. AND MONACO, T.A. (2011) **Assessment of range planting as a conservation practice. Conservation Benefits of Rangeland Practices: Assessment, Recommendations, and Knowledge Gaps** (ed. D.D. Briske), pp. 171–212. Allen Press, Lawrence, KS.

LIMA, M. M. **O ouricuri (Syagrus coronata (Martius) Beccari) como espécie facilitadora na regeneração natural da caatinga** ‘ (2012) Mestrado em Ecologia Humana e Gestão Socioambiental. Universidade do Estado da Bahia.115f.

MEIADO, M. V. **Geminção de sementes de cactos do nordeste do Brasil** ‘ (2012). Doutorado em Biologia Vegetal. Universidade Federal de Pernambuco. 150f.

MOURA, F. D. B. P.; MENDES MALHADO, A. C.; LADLE, R. J. Nursing the caatinga back to health. **Journal of Arid Environments**, v. 90, p. 67–68, mar. 2013.

PEREIRA, O. N. **Reintrodução de espécies nativas em área degradada de caatinga e sua relação com os atributos do solo** (2011). Mestrado em Ciências Florestais. Universidade Federal de Campina Grande. 83 f.

PIMENTEL, J.V.F. **Cultivo do cumaru (*Umburana cearensis*) em diversos sistemas de produção no semiárido** (2011) Doutorado em engenharia agrícola. Universidade Federal de Campina Grande. 118f.

SHELEY, R.L., JAMES, J.J., RINELLA, M.J., BLUMENTHAL, D.M. AND DITOMASSO, J.M. (2011). **A Scientific assessment of invasive plant management on anticipated conservation benefits. Conservation Benefits of Rangeland Practices: Assessment, recommendations, and Knowledge Gaps** (ed. D.D. Briske), pp. 291–335. Allen Press, Lawrence, KS.

SOARES, N. M.. **Regeneração natural da flora lenhosa em um remanescente de caatinga sob diferentes níveis de perturbação, no semiárido sergipano.** (2012) Mestrado em Ecologia e Conservação. Universidade Federal de Sergipe. 80f.

VIEIRA, H.S. **Recomposição vegetal utilizando a regeneração artificial, com e sem irrigação, em área ciliar do alto sertão sergipano.** (2012) Mestrado em Ecologia e Conservação. Universidade Federal de Sergipe 62 f.



### Flávia de Barros Prado Moura

Professora Associada da Universidade Federal de Alagoas, Bióloga, Licenciada pela Universidade Federal de Alagoas (1992), Mestre em Biologia Vegetal pela Universidade Federal de Pernambuco (1997) e Doutora em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Federal de São Carlos (2002), com Pós Doutorado na Universidade de Griffith, Austrália. Vice-coordenadora do Centro de Referência em Recuperação de Áreas Degradadas do Baixo São Francisco (CRAD). Professora dos Programas de Pós Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos (DIBICT-UFAL), Agricultura e Ambiente (UFAL) e Agronomia-Produção Vegetal (UFAL). Foi Diretora do Museu de História Natural (MHN-UFAL) no período de 2002 a 2009. Trabalha com Uso e Conservação de Ecossistemas no Nordeste, Ecologia de Comunidades Tropicais e Ecologia da Restauração. Projetos de Pesquisa e Orientações nos seguintes temas: Produtos Florestais, Extrativismo Sustentável, Etnoecologia e Manejo Tradicional dos Recursos Naturais, Conservação em Paisagens Fragmentadas e Recuperação de Áreas Degradadas.



### José Vieira Silva

Engenheiro Agrônomo, mestre e doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal do Ceará (UFC) e Perito Criminal – Área Ambiental pela Academia Nacional de Polícia/DPF (2009). É Professor Associado da Universidade Federal de Alagoas (UFAL – *Campus Arapiraca*), atuando nas áreas de fisiologia vegetal, ecofisiologia vegetal e agrometeorologia. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase ao estudo e pesquisas com ecofisiologia de plantas nativas e cultivadas submetidas a ambientes sob condições de estresses (hídrico e salino). É pesquisador e coordenador do Centro de Referência em Recuperação de Áreas Degradadas (CRAD) do Baixo São Francisco, da Universidade Federal de Alagoas, desenvolvendo trabalhos de educação ambiental e de pesquisa com recuperação de áreas degradadas por meio de implantação e estabelecimento de modelos de regeneração vegetacional.

ISBN 978-65-5624-082-4



Realização:



Patrocínio:

