



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM MODELAGEM COMPUTACIONAL DE CONHECIMENTO

JULIANA CRISTINA PEREIRA LIMA PAULINO

**MODELAGEM MATEMÁTICA PARA OTIMIZAÇÃO DE DIETAS DE
PORTADORES DE DIABETES MELLITUS**

MACEIÓ

2017

JULIANA CRISTINA PEREIRA LIMA PAULINO

MODELAGEM MATEMÁTICA PARA OTIMIZAÇÃO DE DIETAS DE
PORTADORES DE DIABETES MELLITUS

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre ao Programa Multidisciplinar de Pós-Graduação em Modelagem Computacional de Conhecimento da Universidade Federal de Alagoas.

Orientador: Prof. Dr. João Inácio Soletti

MACEIÓ

2017

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecária: Helena Cristina Pimentel do Vale CRB4/661

P328m Paulino, Juliana Cristina Pereira Lima.
Modelagem matemática para otimização de dietas de portadores de diabetes mellitus / Juliana Cristina Pereira Lima Paulino. – 2017.
89 f.; il.

Orientadora: João Inácio Soletti.
Dissertação (mestrado em Modelagem Computacional de Conhecimento) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Computação. Maceió, 2017.

Bibliografia: f. 77-83.

Apêndices: f. 84-89.

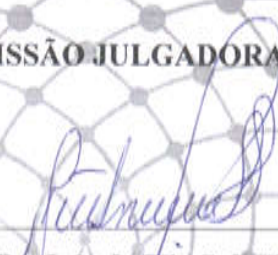
1. Diabetes mellitus.
2. Modelagem matemática.
3. Programação linear.
4. Dietas – Otimização. I. Título.

CDU: 004.8: 616.379-008.64



Membros da Comissão Julgadora da Dissertação de Mestrado de Juliana Cristina Pereira Lima Paulino, intitulada: “Modelagem Matemática para Otimização de Dietas de Portadores de Diabetes Mellitus”, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional de Conhecimento da Universidade Federal de Alagoas, em 29 de novembro de 2017, às 13h30min, no laboratório do PPGMCC.

COMISSÃO JULGADORA


Prof. Dr. João Inácio Soletti

Ufal – Centro de Tecnologia

Orientador


Prof. Dr. Evandro de Barros Costa

Ufal – Instituto de Computação

Examinador


Prof. Dra. Sandra Mary Lima Vasconcelos

Ufal – Faculdade de Nutrição

Examinadora

Creio que cada um deve a si mesmo sua sorte, que cada um cria as suas alegrias como as suas penas; que o homem é o seu próprio algoz; que se remunera e se pune a si mesmo; que colhe o que semeia e nutre-se do que colhe, debilitado ou fortificado pelos alimentos que ele próprio produziu.

(Eurípedes Barsanulfo)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade de estar aqui com saúde e rodeada de pessoas amigas.

Aos meus pais, Antonio Manoel de Lima (*in memorian*) e Elizabete Josefa Pereira de Lima, pelo amor e incentivo, sempre me proporcionando as melhores condições de estudo. Ao meu irmão Júlio César por acreditar e torcer por mim tanto quanto eu por ele.

À minha família pelo apoio que sempre pude contar. Menção especial aos meus avós Antonio Pereira da Costa (*in memorian*), Maria Josefa Pereira da Costa, Manoel Antonio de Lima e Maria Rosa de Lima, por suas existências e exemplos, que por si só já me ensinaram tanto.

Ao meu orientador, Prof. João Inácio Soletti, pelo incentivo e orientações. Desejo, sinceramente, que nesse mundo existam mais profissionais com tanta dedicação e amor pela ciência como o senhor. Aos professores do PPGMCC, pelos ensinamentos e experiências que certamente contribuíram bastante para minha formação.

A Patrícia Nagliate e Júnia Meira por gentilmente me introduzirem nesta linda área do conhecimento.

Aos meus amigos do curso de Engenharia Química pelo apoio que sempre pude contar, especialmente, Georgia Nayane, Izabelle Caroline, Carlos Eduardo e Rodrigo Farias. Aos meus colegas de trabalho por todo incentivo e carinho nesta fase.

Às amigas queridas Paula Jordana e Nayara Yule por sempre estarem presentes. Vocês são a prova de que não é preciso estar perto para se estar junto.

Aos companheiros do Mestrado em Modelagem Computacional do Conhecimento 2015.1, em especial, Thayse, Terence e Patrícia, vocês fizeram desse caminho uma estrada mais bonita.

A Patrícia Quirino, Mônica Lira, Jalma, Ana Paula, Grênia Fagundes e Mary por proporcionarem todo suporte ao meu lar e aos meus filhos durante este importante passo na minha trajetória acadêmica. Saber que meus pequenos estavam sendo cuidados por vocês trouxe a serenidade necessária para continuar.

Ao meu esposo Josilan Paulino por todo amor, apoio e compreensão nesta caminhada. O maior incentivador e companheiro de vida que eu poderia ter.

Aos meus pequenos e amados filhos Julian e Júlia, por toda leveza, risos, amor e, sobretudo, por me mostrarem o verdadeiro sentido de eu estar aqui.

RESUMO

O Diabetes Mellitus é uma enfermidade que afeta milhões de pessoas em todo o mundo e se apresenta de diversas formas, sendo as principais os tipos 1 e 2 da doença. O tipo 1 ocorre quando a produção do hormônio insulina pelo pâncreas é insuficiente, sendo frequentemente diagnosticado em crianças e adolescentes. O tipo 2 é responsável por mais de 90% dos casos de diabetes, caracterizando-se por mau funcionamento dos receptores de insulina, sendo mais comum em adultos e estando relacionada com excesso de peso, sedentarismo e alimentação inadequada. Em todas as formas da doença há um aumento da concentração dos níveis de glicose na corrente sanguínea, sendo importante a observação da quantidade e o tipo de carboidrato presente na alimentação, o índice glicêmico do alimento a ser ingerido pelo indivíduo entre outros fatores para diminuição de seus efeitos indesejados no organismo do portador de Diabetes Mellitus. A busca por métodos viáveis do controle do diabetes assim como a adesão pelos pacientes tem incentivado o desenvolvimento de pesquisas e a inovação das metodologias já existentes. Este trabalho tem como objetivo apresentar um modelo matemático que seja capaz de permitir auxílio ao planejamento de dieta de portadores de Diabetes Mellitus através da Programação Linear. Para isso foram desenvolvidas tabelas com base de dados suficientes para elaboração de planos alimentares genéricos no *software* GAMS[®] onde se contemplam os alimentos e seus respectivos valores nutricionais. Foram realizados três estudos de casos genéricos simulando escolhas hipotéticas de usuários/pacientes de diferentes sexos, alturas e níveis de intensidade de atividade física desempenhadas, a fim de verificar o emprego desta modelagem matemática quanto ao atendimento às recomendações nutricionais pertinentes. O modelo foi gerado a partir de parâmetros relativos à observância das recomendações nutricionais identificando as melhores combinações que possibilitem a minimização do consumo diário de carboidratos, resultando nas soluções ótimas das dietas obtidas.

Palavras-chave: Diabetes Mellitus. Modelagem Matemática. Programação Linear. Otimização de Dietas.

ABSTRACT

Diabetes Mellitus is a disease that affects millions of people around the world and presents itself in several ways, the main types 1 and 2 of the disease. Type 1 occurs when the production of the hormone insulin by the pancreas is insufficient and is often diagnosed in children and adolescents. Type 2 is responsible for more than 90% of diabetes cases, characterized by malfunctioning of insulin receptors, being more common in adults and related to overweight, sedentary lifestyle and inadequate diet. In all forms of the disease there is an increased concentration of glucose levels in the bloodstream, being important the observation of the amount and type of carbohydrate present in the diet, the glycemic index of the food to be ingested by the individual among other factors to decrease its undesirable effects on the body of the Diabetes Mellitus carrier. The search for viable methods of diabetes control as well as patient adherence has encouraged the development of research and innovation of existing methodologies. This work aims to present a mathematical model that is able to allow assistance to the diet planning of Diabetes Mellitus carriers through Linear Programming. In order to do so, tables with sufficient data bases were developed for the elaboration of generic food plans in the GAMS® software where food and their respective nutritional values are considered. Three generic case studies were performed simulating hypothetical choices of users/patients of different sexes, heights and intensity levels of physical activity performed, in order to verify the use of this mathematical modeling in compliance with the pertinent nutritional recommendations. The model was generated from parameters related to the observance of nutritional recommendations, identifying the best combinations that make possible the minimization of daily carbohydrate consumption, resulting in optimal solutions of the diets obtained.

Keywords: Diabetes Mellitus. Mathematical Modeling. Linear Programming. Optimization of Diets.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mecanismo Simplificado da Ação da Insulina.....	21
Figura 2 - Etapas de tradução de um modelo matemático	49
Figura 3- Tela Principal do <i>software</i> GAMS®	53
Figura 4- Ambiente de Trabalho do <i>software</i> GAMS®	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - <i>Ranking</i> dos países com maior número de indivíduos DM.....	19
Tabela 2 - Diagnóstico do DM e alterações da tolerância à Glicose de acordo com valores de Glicose Plasmática.....	21
Tabela 3 - Composição Nutricional do Plano Alimentar Indicado para Portadores de Diabetes Mellitus	36
Tabela 4 - Consumo Diário de Calorias.....	38
Tabela 5 - Conteúdo de Sódio Alimentos <i>In natura</i> x industrializados.....	43
Tabela 6 - Valores de Referência para IG, CG e CG/dia.....	48
Tabela 7 - Dieta ótima obtida para o G1	65
Tabela 8 - Informações nutricionais obtidas para dieta ótima do G1	66
Tabela 9 - Dieta ótima obtida para o G2	68
Tabela 10 - Informações nutricionais obtidas para dieta ótima do G2	69
Tabela 11 - Dieta ótima obtida para o G3	71
Tabela 12 - Informações nutricionais obtidas para dieta ótima do G3	72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Diagnóstico diferencial entre Diabetes Mellitus tipos 1 e 2.....	14
Quadro 2 - Etiologia do Diabetes	18
Quadro 3 - Critérios para Diagnóstico do Diabetes Mellitus adotados pela OMS.....	20
Quadro 4 - Fatores de Risco e Rastreamento para DMG.....	24
Quadro 5- Fatores de Risco e Rastreamento para DM	26
Quadro 6 - Alimentos Ricos em Potássio	44
Quadro 7 - Grupo de Alimentos 1 (G1).....	64
Quadro 8 - Grupo de Alimentos 2 (G2).....	67
Quadro 9 - Grupo de Alimentos 3 (G3).....	70

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Excesso de Peso na População Brasileira Segundo Faixa Etária e Anos de Estudo	28
Gráfico 2 - Prevalência da Obesidade na População Brasileira em Percentagem.....	28
Gráfico 3 - Ações realizadas pelas equipes de atenção básica às pessoas com Diabetes	29
Gráfico 4- Hipertensão Arterial na População Brasileira Segundo Faixa Etária e Anos de Estudo.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADA	American Association of Diabetes
AMGC	Automonitoramento da Glicemia Capilar
AVC's	Acidentes Vasculares Cerebrais
AVE's	Acidentes Vasculares Encefálicos
CAD	Cetoacidose Diabética
DAC	Doença Arterial Coronariana
DAP	Doença Arterial Obstrutiva Periférica
DBH	Diretrizes Brasileiras de Hipertensão
DCeV	Doença Cerebrovascular
DM	Diabetes Mellitus;
DMG	Diabetes Mellitus Gestacional
DM1	Diabetes Mellitus tipo 1
DM2	Diabetes Mellitus tipo 2
DRET	Doença Renal em Estágio Terminal
FPC	Fundação Portuguesa de Cardiologia
HDL	High Density Lipoprotein
HER	Human Energy Requeriments
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDF	International Diabetes Federation
IG	Índice Glicêmico
IMC	Índice de Massa Corporal
LADA	Latent Autoimmune Diabetes of the Adult
LADY	Latent Autoimmune Diabetes in Youth
LDL	Low Density Lipoprotein
MODY	Maturity Onset Diabetes of the Young
MS	Ministério da Saúde
OMS	Organização Mundial da Saúde
PMAQ	Programa Nacional de Melhoria do Acesso e da Qualidade da Atenção Básica
PNS	Pesquisa Nacional de Saúde
RD	Retinopatia Diabética
SBD	Sociedade Brasileira de Diabetes
SBEM	Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia

SMCG	Sistema de Monitoramento Contínuo da Glicose em líquido intersticial
SUS	Sistema Único de Saúde
TBCA	Tabela Brasileira de Composição de Alimentos
UPD	Úlceras dos Pés em Pacientes Diabéticos
USDA	United States Department of Agriculture

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	17
2.1	Geral	17
2.2	Específicos	17
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
3.1	Diabetes Mellitus	18
3.1.1	Diagnóstico e Sintomas	20
3.1.2	Diabetes Mellitus tipo 1	22
3.1.3	Diabetes Mellitus tipo 2	22
3.1.4	Diabetes Mellitus Gestacional	23
3.1.5	Outros tipos de DM e Classes Intermediárias no Grau de Tolerância à Glicose	24
3.2	Fatores de Risco para o Diabetes Mellitus	26
3.2.1	Dislipidemia	26
3.2.2	Obesidade e Excesso de Peso	27
3.2.3	Hipertensão Arterial	29
3.2.4	Resistência Insulínica	30
3.3	Complicações do Diabetes	31
3.3.1	Cetoacidose Diabética (CAD)	31
3.3.2	Doença Arterial Coronariana (DAC)	31
3.3.3	Doença Arterial Obstrutiva Periférica (DAP)	32
3.3.4	Doença Cardiovascular (DCV)	32
3.3.5	Doença Cerebrovascular (DCeV)	32
3.3.6	Estado Hiperosmolar Hiperglicêmico	33
3.3.7	Hipoglicemia	33
3.3.8	Nefropatia Diabética	33
3.3.9	Neuropatia Diabética Autonômica	34
3.3.10	Pé Diabético	34
3.3.11	Retinopatia Diabética (RD)	35
3.4	Prevenção do Diabetes	35
3.5	Recomendações Nutricionais	36

3.5.1	Calorias	37
3.5.2	Macronutrientes.....	38
3.5.3	Micronutrientes	41
3.6	Alimentação Brasileira	46
3.7	Índice Glicêmico e Efeitos dos Alimentos na Glicemia	47
3.8	Modelagem e Otimização de Dietas	49
3.9	Programação Linear	51
3.10	General Algebraic Modeling System (GAMS®)	52
4	METODOLOGIA	55
4.1	Modelagem Matemática e sua Elaboração	56
4.1.1	Função Objetivo	56
4.1.2	Restrições.....	57
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	63
6	CONCLUSÕES	74
7	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	75
	REFERÊNCIAS	76
	APÊNDICE A - International Table of Glycemic Index and Glycemic Load Values	84
	APÊNDICE B – Banco de dados com quantidades de Calorias, Carboidratos, Proteínas, Fibras e Gorduras de alimentos utilizados no Modelo	85
	APÊNDICE C – Banco de dados com quantidades em miligramas de minerais de alimentos utilizados no Modelo	86
	APÊNDICE D – Banco de dados com quantidades de vitaminas de alimentos utilizados no Modelo	87
	APÊNDICE E – Banco de dados com quantidade de colesterol e IG de alimentos utilizados no Modelo	88

1 INTRODUÇÃO

Lebowitz em 1998 conceituou o Diabetes Mellitus (DM) como uma doença metabólica de etiologia múltipla. É caracterizado pela hiperglicemia crônica resultante de distúrbios no metabolismo de carboidratos, em função da secreção insuficiente e/ou ausente de insulina, como também por defeitos da sua ação nos tecidos-alvo da insulina como fígado, tecido muscular e tecido adiposo (MANNA, 2007).

A classificação do DM proposta atualmente pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e pela Associação Americana de Diabetes (ADA) baseia-se em conhecimentos fisiopatológicos, incluindo quatro classes clínicas determinadas: DM tipo1 (DM1), DM tipo 2 (DM2), outros tipos específicos de DM e DM Gestacional (DMG) (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2016).

O DM1 é autoimune e idiopático, também denominado diabetes insulino dependente, diabetes infanto-juvenil e diabetes imunomediado. Os pacientes necessitam de injeções diárias de insulina para manterem a glicose no sangue em valores normais a fim de evitar cetoacidose, havendo risco de morte se as doses de insulina não forem ministradas. O DM1 embora ocorra em qualquer idade é mais comum em crianças, adolescentes ou adultos jovens (FONTOURA et al., 2014).

O DM2, também chamado de diabetes não insulino dependente ou diabetes do adulto, corresponde a 90% dos casos de diabetes (OMS, 2013). Ocorre geralmente em pessoas obesas com mais de 40 anos de idade embora na atualidade seja visto com maior frequência em jovens, em virtude de maus hábitos alimentares e sedentarismo.

Quadro 1- Diagnóstico diferencial entre Diabetes Mellitus tipos 1 e 2

DM1	DM2
Falência de célula beta	Disfunção de célula beta e resistência à insulina
< 24% de sobrepeso	85% de sobrepeso
5% com histórico familiar	75-100% com histórico familiar
Insulina >95%	Insulina entre 17-37%
Acomete ambos os sexos igualmente	Acomete mais indivíduos do sexo feminino que masculino

Fonte: Autora. Adaptado de *Journal of Pediatrics* (2007).

A alimentação do indivíduo e a consequente absorção dos macronutrientes associados à composição de cada alimento pode desencadear o aumento ou diminuição do índice glicêmico da dieta do diabético. Segundo Reis (2002) uma rotina sedentária e com

alimentação não balanceada, associados ao excesso de peso, denotam fatores de risco para o desenvolvimento da forma mais comum da doença, a DM2.

Hoje o Brasil aparece em quarto lugar no *ranking* mundial com mais de 13 milhões de casos de diabetes. O DM já é considerado uma epidemia mundial e, juntamente com a hipertensão, é a doença com maior índice de mortalidade no Brasil. De acordo com a mesma Instituição, a incidência de diabetes no Brasil é de 10,28% da população na faixa etária 20-79 anos, e o número de óbitos relacionados ao diabetes foi de aproximadamente 130.000 em 2012. Pode-se dizer também, que é a principal causa de internações por complicações como doença cardiovascular, diálise por insuficiência renal crônica e amputações de membros inferiores (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2013).

Uma das maiores dificuldades enfrentadas pelos portadores do Diabetes Mellitus é a gestão das dietas alimentares, em especial no tocante aos alimentos que promovem o aumento da glicemia. Paralelo a este fato, existe o desafio de satisfação alimentar pessoal, já que inúmeras vezes suas preferências alimentares são olvidadas, mesmo diante da minimização do consumo de alimentos que comprometam o controle adequado do nível de glicemia do indivíduo diabético.

A adoção de um modelo matemático específico possibilitaria a análise e gestão das informações nutricionais por meio da inserção das quantidades dos alimentos e macronutrientes ingeridos para tomada de decisões no tocante à dieta alimentar, uma vez que as dietas de restrição de açúcares, geralmente indicadas a estes pacientes, seguem comumente um plano homogêneo e pré-estabelecido para todas as pessoas portadoras do Diabetes Mellitus, independentemente de suas preferências alimentares. Além da necessidade do controle de carboidratos de uma maneira geral, a dieta pode ser adaptada à atividade física e preferências alimentares de cada indivíduo.

Segundo Sodré (2007), um modelo matemático consiste de um conjunto de equações que representam de modo quantitativo, as hipóteses usadas na construção do modelo, as quais se apóiam sobre o sistema real. Estas equações são resolvidas em função de alguns valores conhecidos/previstos pelo modelo real e podem ser testadas comparando estes mesmos dados com os realizados no mundo real. Basicamente, um modelo matemático é formado por um conjunto de equações composto pela função objetivo e por demais equações que regem as restrições as quais o programa deve obedecer. Muitos dos modelos matemáticos objetivam a Otimização.

De acordo com Olivieri (2004), Otimização pode ser definida como um conjunto de procedimentos por meio dos quais se busca minimizar ou maximizar uma determinada

função, denominada função objetivo, sujeita ou não a uma série de restrições, obtendo assim um melhor aproveitamento dos recursos. Para resolução de Problemas de Otimização, há uma série de softwares amplamente utilizados em todo o mundo com as mais diversas aplicações.

O modelo, usualmente é modelado como um problema de Programação linear. Para a simulação do problema proposto foi utilizado o *General Algebraic Modeling System* (GAMS[®]), amplamente utilizado em modelos lineares, não-lineares e em otimização de processos, onde para um determinado conjunto de alimentos, será possível escolher quais e quanto usar de cada um para compor uma dieta que atenda quantidades pré-determinadas de nutrientes, de acordo com o critério de minimização da ingestão de alimentos que influenciem diretamente na elevação da glicemia.

Do ponto de vista prático da implantação de um modelo matemático para controle de dieta de diabéticos, é fortemente desejado que sejam levadas em consideração as particularidades de cada indivíduo, podendo ser realizada uma avaliação personalizada por parte de um profissional capacitado, culminando em resultados direcionados de acordo com as especificidades de cada pessoa.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Propor uma Modelagem Matemática implementada no *software* GAMS® (*General Algebraic Modeling System*) a fim de desenvolver dietas adequadas às limitações dos indivíduos diabéticos respeitando as demandas nutricionais mínimas/máximas exigidas.

2.2 Específicos

- Propor alimentos e seus respectivos macronutrientes e micronutrientes de forma a dispô-los numa base de dados;
- Modelar dietas adequadas aos portadores de Diabetes Mellitus, através da utilização de alimentos comumente encontrados regionalmente;
- Tratar dados e avaliar as condições ótimas obtidas pelo modelo;
- Verificar a viabilidade das dietas obtidas através da análise dos valores nutricionais dos alimentos e das necessidades nutricionais dos portadores de Diabetes Mellitus.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Diabetes Mellitus

De acordo com Gruber et al. (1996), o Diabetes Mellitus (DM) é uma doença de importância mundial que vem se tornando um problema de Saúde Pública, tomando proporções crescentes no que se refere ao aparecimento de novos casos, sendo uma das principais doenças crônicas que afetam o homem, acometendo populações de países em todos os estágios de desenvolvimento econômico-social.

O DM constitui um dos mais sérios problemas de saúde contemporânea, especialmente pelas incapacitações desencadeadas quanto ao que concerne aos custos envolvidos para o controle e tratamento das complicações provenientes.

De maneira sucinta, o DM pode ser considerado um distúrbio do metabolismo da glicose causada pela falta ou má absorção de insulina, hormônio produzido pelo pâncreas e cuja função é quebrar as moléculas de glicose para transformá-las em energia a fim de que seja aproveitada por todas as células (CRACCO, 2015).

Segundo a Sociedade Brasileira de Diabetes (2000), a classificação atualmente recomendada incorpora o conceito de estágios clínicos do diabetes, desde a normalidade, passando pela tolerância à glicose diminuída e/ou glicemia de jejum alterada, até o DM propriamente dito. A classificação baseia-se na etiologia do diabetes, disponível no Quadro 2.

Quadro 2 - Etiologia do Diabetes

<p>Tipo 1: destruição da célula beta com deficiência absoluta de insulina;</p> <p>Tipo 2: varia entre a resistência insulínica e um defeito secretório;</p> <p>Outros tipos específicos: decorrentes de defeitos genéticos e de doenças ou induzidos por fármacos e agentes químicos;</p> <p>Diabetes Gestacional: casos detectados especificamente na gravidez.</p>
--

Fonte: Autora, 2016.

De acordo com Gross (2005), a correta classificação do tipo de DM leva mais precocemente ao tratamento adequado, com maior índice de sucesso na obtenção de um bom controle glicêmico, o que por sua vez comprovadamente reduz as complicações microvasculares, tanto em pacientes com DM1, quanto no DM2 além dos outros tipos existentes da enfermidade.

Segundo Balasubramanyamet al.(2006) e Maldonado et al.(2003), em seus estudos mais recentes, o esquema de classificação disponível não reflete verdadeiramente todos os

mecanismos relacionados. Alguns subtipos de DM têm sido descritos nas últimas décadas. No ano de 2002, foi criada a nomenclatura de "DM propenso à cetose", que seria um subtipo intermediário aos tipos 1 e 2. Inicialmente, o quadro foi descrito em africanos e afroamericanos, mas nos últimos anos populações americanas, europeias, japonesas e outras têm apresentado esse subtipo.

O crescente número de portadores de DM na população tem gerado um aumento da preocupação de como diminuir esse número ou pelo menos estabilizá-lo. Por isso, é notória a necessidade de aumento das estratégias para o controle do índice glicêmico por parte do portador da enfermidade, destacando-se o uso de tecnologias que promovam a eficiência do tratamento através da ampliação do uso do maior número de ferramentas.

Em várias partes do mundo, programas de prevenção do diabetes vêm sendo implementados com o intuito de se avaliar as formas mais eficientes de prevenção ou retardo do aparecimento do DM2 em indivíduos portadores de fatores de risco (BOURN et al., 1994).

Tabela 1 - Ranking dos países com maior número de indivíduos DM.

Posição	PAÍS	2013*	2015*	2040* (projeção)
1	China	98,4	109,6	150,7
2	Índia	65,1	69,2	123,5
3	Estados Unidos	24,4	29,2	35,1
4	Brasil	11,9	14,3	23,3
5	Rússia	10,9	12,1	12,4
6	México	8,7	11,5	20,6
7	Indonésia	8,5	10	16,2
8	Egito	7,5	7,8	15,1
9	Japão	7,2	7,2	-
10	Bangladesh	-	7,1	13,6

Fonte: International Diabetes Federation – IDF (2015).

Nota: * em milhões de pessoas. Indivíduos na faixa etária de 20-79 anos.

No Brasil, a Pesquisa Nacional de Saúde (2015), realizada pelo MS em parceria com o IBGE, mostra que o diabetes atinge 9 milhões de brasileiros o que corresponde a 6,2% da população adulta. As mulheres (7%) apresentaram maior proporção da doença do que os homens (5,4%) – 5,4 milhões de mulheres contra 3,6 milhões de homens. Os percentuais de prevalência da doença por faixa etária são: 0,6% entre 18 a 29 anos; 5% de 30 a 59 anos; 14,5% entre 60 e 64 anos e 19,9% entre 65 e 74 anos. Para aqueles que tinham 75 anos ou mais de idade, o percentual foi de 19,6%.

Monteiro et al. (2000a), descrevem que a partir da década de 1980, observou-se um aumento do consumo de ácidos graxos saturados, açúcares e refrigerantes, em detrimento da redução do consumo de carboidratos complexos, frutas, verduras e legumes, nas regiões metropolitanas do Brasil.

Cresceu em 61,8% o número de pessoas diagnosticadas com diabetes, em dez anos. Passou de uma média de 5,5% no ano de 2006 para 8,9% em 2016 (BRASIL, 2016).

3.1.1 Diagnóstico e Sintomas

A *American Diabetes Association* (ADA) modificou o critério diagnóstico do DM, sendo este posteriormente aceito pela Organização Mundial de Saúde e pela SBD. As modificações foram realizadas com a finalidade de prevenir as complicações micro e macrovasculares do diabetes. Vale ressaltar que o emprego da técnica realizada adequadamente é capaz de prevenir resultados equivocados, desse modo, o Teste Oral de Tolerância à Glicose (TOTG) deve ser feito como preconizado pela OMS. O TOTG é um exame clínico no qual uma solução de glicose é ingerida e, após o tempo recomendado, é colhida uma amostra de sangue para avaliar a Glicemia do indivíduo com suspeita de diagnóstico de DM (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2017).

Atualmente, são três os critérios aceitos para o diagnóstico e estão dispostos no Quadro 3.

Quadro 3 - Critérios para Diagnóstico do Diabetes Mellitus adotados pela OMS

Sintomas de diabetes mais glicemia casual $\geq 200\text{mg/dL}$
Glicemia de jejum $\geq 126\text{mg/dL}$
Glicemia 2 horas pós-sobrecarga com 75g de glicose $\geq 200\text{mg/dL}$

Fonte: Autora. Adaptado de *Diabetes Care* (2007)

Sabe-se através de estudos anteriores que há um grupo intermediário de indivíduos que possuem índices glicêmicos que não se enquadram em DM, no entanto também estão elevados para serem considerados normais, devendo, portanto, ser enquadrados em categorias de “glicemia de jejum alterada” ou “tolerância à glicose diminuída”, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Diagnóstico do DM e alterações da tolerância à Glicose de acordo com valores de Glicose Plasmática

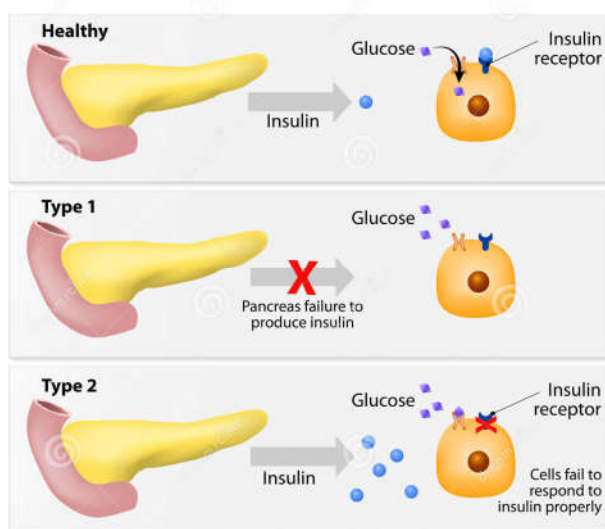
CATEGORIA	JEJUM	TOTG 75g-2h	CASUAL
Normal	<110	<140	-
Glicose Plasmática de Jejum Alterada	≥110	<126	-
Tolerância à Glicose Diminuída	<126	≥140 <200	-
Diabetes Mellitus	≥126	≥200	≥200 com sintomas
Diabetes Mellitus Gestacional	≥110	≥140	-

Fonte: Autora. Adaptado de Consenso SBD (2000).

Vale ressaltar que o jejum é definido como a falta de ingestão calórica de no mínimo 8 horas. O termo Glicemia Plasmática Casual é empregado para definir a coleta realizada a qualquer hora do dia, sem levar em conta o intervalo da última refeição e os sintomas clássicos de DM incluem poliúria, polidipsia e perda inexplicada de peso (SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2015).

A Figura 1 representa de forma sucinta os organismos de um indivíduo não portador de diabetes mellitus e também dos indivíduos portadores dos tipos 1 e 2, respectivamente, abordados mais adiante neste trabalho.

Figura 1- Mecanismo Simplificado da Ação da Insulina



Fonte: *Designua Royalty Free* (2016).

3.1.2 Diabetes Mellitus tipo 1

Segundo Gross et al. (2005), o DM1 é responsável por cerca de 5% a 10% de todos os casos de DM, sendo subdividido em tipo 1A, tipo 1B e *Latent Autoimmune Diabetes of the Adult* (LADA).

De modo geral, o DM tipo 1 tem início antes dos 30 anos de idade do indivíduo, mesmo podendo acometê-lo em qualquer faixa etária. Existe uma destruição das células β pancreáticas e seu tratamento exige o uso de insulina para impedir a cetoacidose diabética (GROSS, 2002).

Segundo a ADA (2009), no DM tipo 1A, a destruição das células β é de etiologia autoimune (90% dos casos) e no 1B não tem causa conhecida (idiopático). O DM tipo LADA é um DM do tipo 1 onde também existe uma destruição autoimune das células β , mas ela é muito mais lenta e acontece em indivíduos mais velhos (acima de 30 anos). O fenótipo é peculiar, pois os pacientes não são obesos, têm diagnóstico de DM numa idade compatível com diagnóstico de DM tipo 2, têm sua doença inicialmente controlada com agentes orais, mas apresentam sinais de progressiva perda de função da célula β e eventualmente necessitam de insulina, por definição, após pelo menos seis meses após o diagnóstico do DM.

O DM tipo 1B foi descrito inicialmente em africanos e asiáticos (DIABETS CARE, 1997). Segundo Reinehr (2006), atualmente vem sendo considerado como um tipo de DM intermediário aos tipos 1 e 2. Esses casos seriam distintos do LADA por apresentarem-se já inicialmente na forma de cetoacidose, enquanto o LADA, por definição, necessita de administração de insulina após seis meses do diagnóstico. Uma observação adicional descreve a presença de anticorpos em crianças e adolescentes inicialmente não dependentes de insulina, com perfil de DM2. Nesses casos, seguindo a terminologia do LADA para adultos, seria classificado como "LADY" (*Latent Autoimmune Diabetes in Youth*), mas ainda é necessário um período maior de observação para definir a evolução desses casos e a nomenclatura não é oficial.

3.1.3 Diabetes Mellitus tipo 2

De acordo com Skyler et al. (2009), o DM tipo 2 é responsável por mais de 90% dos casos de DM, não possui componente autoimune e acontece geralmente após os 30 anos de idade em indivíduos com histórico familiar positivo. O tratamento em geral envolve dieta e agentes hipoglicemiantes orais, sem necessidade do uso de insulina, que, se necessário, deve

ocorrer pelo menos cinco anos após o diagnóstico para configurar que não há dependência como no DM1.

A incidência do DM2 aumentou no mundo atual, como resultado da interação genética e envolvimento de fatores de risco que são determinantes da doença e dentre eles pode-se destacar: maior taxa de urbanização, aumento da expectativa de vida, industrialização, maior consumo de dietas hipercalóricas, ricas em carboidratos de rápida absorção como os refinados, mudanças do estilo de vida, inatividade física, obesidade e maior sobrevida da pessoa diabética (PEREIRA et al., 1996).

De acordo com levantamentos feitos pela SBD (2015), os pacientes DM2 não dependem de insulina exógena para sobreviver, porém podem carecer de tratamento com insulina para obter controle metabólico adequado às suas funções orgânicas. Diferentemente do DM1 autoimune, não há indicadores que sejam específicos ao DM2. Provavelmente, há diferentes de DM, e com a identificação futura de processos patogênicos específicos ou mesmo defeitos genéticos, o número de pessoas com essa forma de DM irá diminuir à custa de mudanças para uma classificação mais definitiva em outros tipos específicos de DM.

Por ser pouco sintomático, o DM na maioria das vezes permanece por muitos anos sem diagnóstico e sem tratamento o que favorece a ocorrência de suas inúmeras complicações decorrentes.

3.1.4 Diabetes Mellitus Gestacional

É o problema metabólico mais comum na gestação e tem prevalência entre 3% e 25% das gestações, dependendo do grupo étnico, da população e do critério diagnóstico utilizado. (SCHMIDT et al., 2001) e muitas vezes representa o aparecimento do DM2 durante a gravidez.

Segundo a Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia, o Diabetes Mellitus Gestacional (DMG) é definido como qualquer nível de intolerância a carboidratos que resulta em hiperglicemia variável e que apresenta diagnóstico durante o período gestacional. Sua fisiopatologia pode ser explicada pelo aumento de hormônios contra-reguladores da insulina, pelo estresse fisiológico durante a gravidez e ainda, a fatores predeterminantes como os fatores genéticos ou ambientais. O principal hormônio que está relacionado à resistência insulínica na gravidez é o hormônio lactogênico placentário, no entanto, sabe-se hoje que outros como cortisol, estrógeno, progesterona e prolactina também estão envolvidos por

serem hormônios hiperglicemiantes (SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENDOCRINOLOGIA E METABOLOGIA, 2006).

A portadora de DMG não tratada tem maior risco de rotura prematura de membranas, parto pré-termo, feto com apresentação pélvica e feto macrossômico. Há também risco elevado de pré-eclâmpsia nessas pacientes (SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENDOCRINOLOGIA E METABOLOGIA, 2006).

Kim et al. (2002) e Jarvela et al. (2006), em seus estudos sugerem que se devem reavaliar pacientes com DM gestacional 4 a 6 semanas após o parto e reclassificá-las como apresentando DM, glicemia de jejum alterada, tolerância à glicose diminuída ou normoglicemia. Na maioria dos casos, há reversão para a tolerância normal após a gravidez, porém há de 10 a 63% de risco de desenvolver DM2 dentro de cinco a 16 anos após o parto.

O Ministério da Saúde (2000) relacionou os principais fatores de risco e rastreamento para DMG, estando dispostos no Quadro 4.

Vale ressaltar que diante da presença de dois ou mais fatores de risco já é indicada a necessidade de umacompanhamento clínico da paciente quanto ao ganho de peso gestacionale a realização do rastreamento para DMG o quanto antes, de modo a não comprometer a gestante e o feto.

Quadro 4 - Fatores de Riscoe Rastreamento para DMG

<p>Idade >25 anos;</p> <p>Excesso de peso/obesidade pré-gravídica ou no decorrer da mesma (distribuição central da gordura corporal);</p> <p>Diabetes em gestações anteriores;</p> <p>Antecedentes obstétricos adversos em gestações anteriores (abortamentos, poliidrâmnios, morte perinatal, filhos nascidos vivos commais de 4 kg e partos prematuros);</p> <p>Antecedentes familiares de Diabetes;</p> <p>Múltiplas gestações;</p> <p>Tratamento para hipertensão arterial;</p> <p>Infecções urinárias ou ginecológicas recorrentes;</p> <p>Glicosúria no exame de urina de rotina.</p>
--

Fonte: Brasil (2000).

3.1.5 Outros tipos de DM e Classes Intermediárias no Grau de Tolerância à Glicose

Segundo a Sociedade Brasileira de Diabetes (2016), são classificados como outros tipos de DM formas menos comuns de diabetes cujos defeitos ou processos causadores podem ser identificados. A apresentação clínica desse grupo é bastante variada e depende da alteração de base. Nesta categoria estão incluídos defeitos genéticos na função das células

beta, defeitos genéticos na ação da insulina, doenças do pâncreas exócrino e outras condições como Endocrinopatias e Doenças do Pâncreas Exócrino.

Campagnolo et al.(2005), categorizam "outros tipos de DM", destacando-se o *Maturity Onset Diabetes of the Young* (MODY), como um subtipo que acomete indivíduos abaixo dos 25 anos, não obesos, sendo caracterizado por defeito na secreção de insulina, mas sem provocar dependência da mesma. Apresenta herança autossômica dominante, envolvendo, portanto, várias gerações de uma mesma família.

Ainda de acordo com Campagnolo et al. (2005):

Existem seis subtipos de MODY, classificados de acordo com a mutação genética identificada: MODY 1 (mutação no gene do fator de transcrição hepático HNF-4 α); MODY 2 (mutação no gene da glicoquinase); MODY 3 (mutação do HNF-1 α); MODY 4 (mutação no *insulin promoter factor -IPF*); MODY 5 (HNF-1 β) e MODY 6 (mutação no Neuro D1). Os tipos mais comuns são os MODYs 2 e 3, sendo os demais bastante raros.

Segundo Reinehret al. (2006) apesar da classificação do DM definir essas e outras categorias por meio de características peculiares, pode existir uma sobreposição de quadros clínicos, principalmente no DM que inicia no adulto jovem. Muitas vezes é difícil distinguir um subtipo de outro com base em dados clínicos apenas, principalmente o DM tipo 1 do MODY e do DM 2 de início precoce, sendo este cada vez mais freqüente devido ao aumento da prevalência de obesidade e síndrome metabólica nas sociedades ocidentais.

É preciso ressaltar que algumas formas de DM identificados nas últimas décadas, intermediários aos tipos 1 e 2, não se encaixam na classificação da ADA e OMS, tendo particularidades em sua história natural e necessidade de tratamento com insulina. Um exemplo é o DM propenso à cetose, descrito recentemente (ABC, 2010).

As Classes Intermediárias no Grau de Tolerância à Glicose referem a estados intermediários entre a homeostase normal da glicose e o DM. A categoria denominada de “Glicemia de Jejum Alterada” refere-se às concentrações de glicemia de jejum inferiores ao critério diagnóstico para DM, porém maiores que o valor de referência normal. A denominação “Tolerância à Glicose Diminuída” representa uma anormalidade na regulação da glicose no estado pós-sobrecarga, diagnosticada por meio de TOTG (SBD, 2015-2016).

As situações de “Glicemia de Jejum Alterada” e de “Tolerância à Glicose Diminuída” são categorias de risco aumentado para o desenvolvimento do DM sendo o termo "pré-diabetes" utilizado para designar essas condições específicas.

As alterações da tolerância à glicose estão relacionadas a um aumento do risco de doença cardiovascular (BARZILAV et al., 1999) e de desenvolvimento futuro de diabetes (EDELSTEIN et al., 1997).

3.2 Fatores de Risco para o Diabetes Mellitus

Os principais fatores associados à maior prevalência do diabetes no Brasil foram a obesidade, o envelhecimento populacional e história familiar de diabetes (MALERBI et al., 1992).

Os fatores de risco associados ao DM segundo a SBD estão relacionados no Quadro 5.

Quadro 5- Fatores de Risco e Rastreamento para DM

Idade \geq 45 anos
História familiar de DM (pais, filhos e irmãos)
Excesso de peso (IMC \geq 25 kg/m ²)
Sedentarismo
HDL-c baixo ou triglicérides elevados
Hipertensão arterial
Doença coronariana
DM gestacional prévio
Macrossomia ou história de abortos de repetição ou mortalidade perinatal
Uso de medicação hiperglicemiante (por exemplo, corticosteróides, tiazídicos, beta-bloqueadores).

Fonte: Sociedade Brasileira de Diabetes –SBD (2000).

O diabetes como causa de morte tem sido subnotificado inúmeras vezes, visto que estes pacientes morrem devido às complicações crônicas da enfermidade, sendo estas denominadas como causadoras dos óbitos.

O aumento da mortalidade cardiovascular dos pacientes diabéticos está relacionada ao estado diabético *per se* e à agregação de vários fatores de risco cardiovasculares, como obesidade, hipertensão arterial e dislipidemia entre outros (Sociedade Brasileira de Diabetes, 2000).

3.2.1 Dislipidemia

A Fundação Portuguesa de Cardiologia (2017) utiliza o termo dislipidemia para designar todas as anomalias quantitativas ou qualitativas dos lipídios no sangue, podendo se manifestar por um aumento dos níveis triglicéridos ou dos níveis de LDL, por uma

combinação dos dois fatores anteriores (dislipidemia mista) e ainda, por uma redução dos níveis de HDL.

A dislipidemia é um dos mais importantes fatores de risco da aterosclerose, um importante fator de risco cardiovascular, uma vez que a gordura acumulada nas paredes das artérias pode levar à obstrução parcial ou total do fluxo sanguíneo que chega ao coração e ao cérebro, a principal causa de morte dos países desenvolvidos (FPC, 2017).

A Associação Americana de Diabetes (2003) enfatiza com relação à dislipidemia, que a evidência de níveis elevados de colesterol como um fator de risco é muito forte, ou seja, o aumento dos níveis de lipoproteínas de baixa densidade (LDL) e baixos níveis de lipoproteínas de alta densidade (HDL), aliados a altas taxas de concentração de triglicérides, indicam maior associação com as doenças macrovasculares.

3.2.2 Obesidade e Excesso de Peso

Segundo avaliação do MS no ano de 2016, o Brasil se encontra em estado de transição da desnutrição para a obesidade.

A crescente substituição dos alimentos *in natura* ricos em fibras, vitaminas e minerais, por produtos industrializados (BARRETO et al., 2001), associada a um estilo de vida sedentário, favorecido por mudanças na estrutura de trabalho e avanços tecnológicos (POPKIN, 1999), compõem um dos os principais fatores etiológicos da obesidade.

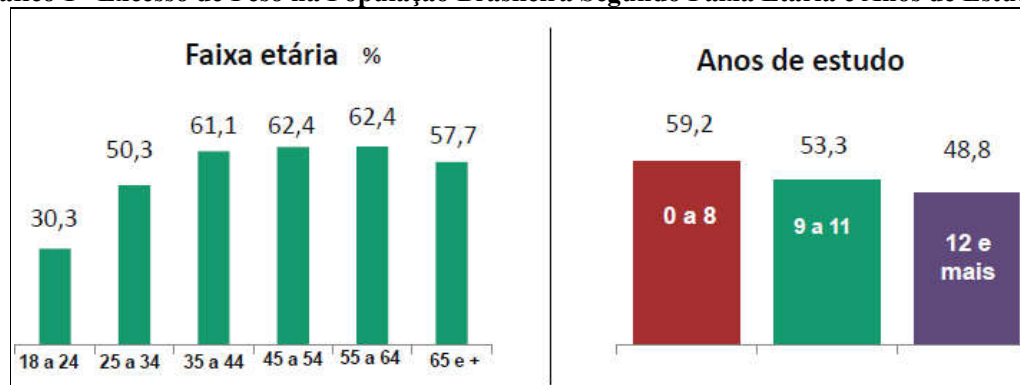
Em áreas urbanas, a prevalência da obesidade é predominante nas classes sociais menos favorecidas (MONTEIRO et al., 2000b), e as taxas entre mulheres de maiores extratos econômicos mostraram uma redução na última década (MONTEIRO et al., 2001), apontando um maior impacto do excesso de peso entre as classes sociais mais baixas.

Na obesidade a secreção de insulina está aumentada, enquanto que a captação hepática e a eficácia periférica da insulina diminuem. A elevada secreção de insulina está relacionada ao grau de obesidade, já a redução na depuração hepática e a resistência periférica ao hormônio estão relacionadas ao tipo de obesidade (obesidade visceral). Os ácidos graxos livres aumentados na circulação, pela elevada sensibilidade lipolítica da gordura abdominal e pelo menor efeito antilipolítico da insulina nesse tecido, inibem a depuração hepática de insulina, levando à hiperinsulinemia e à resistência periférica, além do direcionamento desses ácidos graxos para a síntese de triglicérides pelo fígado (MCLELLAN et al., 2007).

Pesquisa do MS (2016) realizada entre fevereiro e dezembro de 2016 onde foram entrevistados, através de contato telefônico, 53.210 pessoas maiores de 18 anos nas capitais

do país, resulta em informações alarmantes no tocante ao excesso de peso e obesidade da população brasileira. O Gráfico 1 ilustra a relação do sobrepeso com a faixa etária e a escolaridade da população brasileira.

Gráfico 1– Excesso de Peso na População Brasileira Segundo Faixa Etária e Anos de Estudo

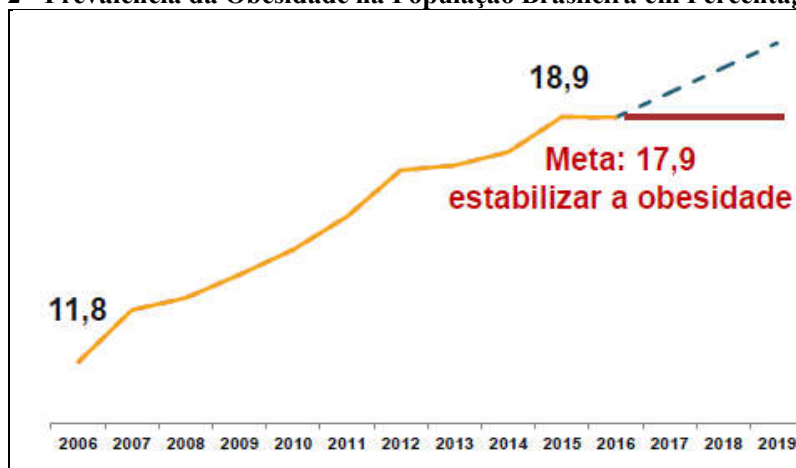


Fonte: Brasil, 2016.

Pela observação do Gráfico 1 é válido afirmar que o indicador sofre aumento com a idade e é maior entre os cidadãos que possuem menor nível de escolaridade, acarretando posteriormente na mudança do quadro de excesso de peso para obesidade. Vale ressaltar ainda que segundo o MS a prevalência de obesidade duplica a partir dos 25 anos de idade e é maior entre os que possuem menor grau de instrução.

O Gráfico 2 demonstra em porcentagem o panorama da obesidade na população do Brasil atualmente, além da meta estimada para os próximos anos.

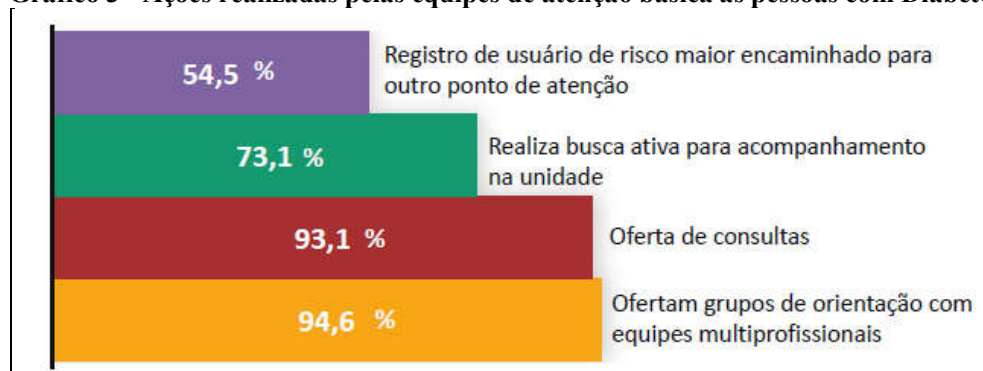
Gráfico 2 - Prevalência da Obesidade na População Brasileira em Porcentagem



Fonte: Brasil, 2016.

Uma maneira de tentar promover a disseminação de informações relevantes aos pacientes diabéticos foi por meio da realização de ações das equipes na atenção básica do Sistema Único de Saúde (SUS), uma vez que as mesmas possuem atuação mais presente e direta a esses pacientes.

Gráfico 3 - Ações realizadas pelas equipes de atenção básica às pessoas com Diabetes



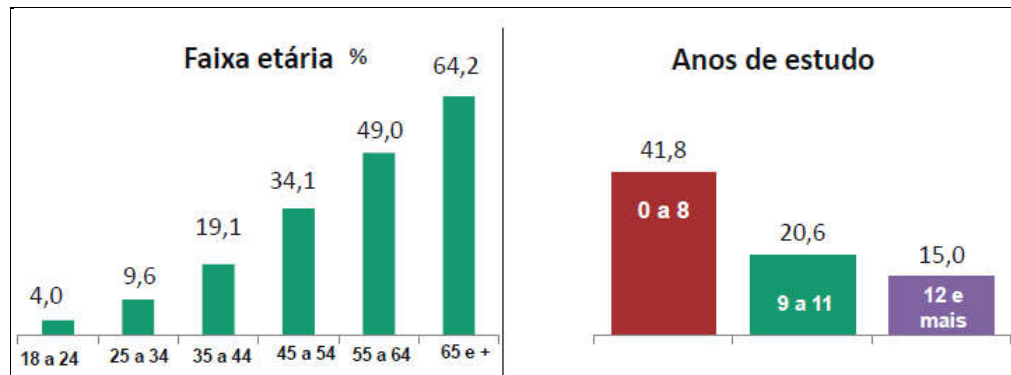
Fonte: 2º ciclo do Programa Nacional de Melhoria do Acesso e da Qualidade da Atenção Básica (2014).

Segundo o MS (2016) os resultados expostos no Gráfico 3 foram obtidos através da avaliação de mais de 9 mil equipes no Programa Nacional de Melhoria do Acesso e da Qualidade da Atenção Básica (PMAQ).

3.2.3 Hipertensão Arterial

Vinik et al. (2000) em seus estudos, verificaram que a hipertensão arterial foi a associação mais comum com o diabetes.

Goldstein et al. (1960) concluíram que nos países ou regiões em que há carência de recursos médicos, os indivíduos com DM2 têm no acidente vascular cerebral, como complicação da hipertensão arterial, uma das principais causas de óbito, fato este, que permanece atual.

Gráfico 4- Hipertensão Arterial na População Brasileira Segundo Faixa Etária e Anos de Estudo

Fonte: Brasil, 2016.

Observa-se através do Gráfico 4 que na hipertensão, assim como na obesidade, o indicador sofre aumento com a idade e é maior entre os cidadãos que possuem menos anos de estudo.

No Brasil, sabe-se através dados do MS (2016), que aumentou 14,2% o número de pessoas que foram diagnosticadas por hipertensão em 10 anos. Passou de 22,5% da população em 2006 para 25,7% no ano de 2016.

3.2.4 Resistência Insulínica

O termo Resistência à Insulina designa o estado em que o corpo humano não reage à insulina de maneira regular. Quando uma concentração normal da insulina produz uma resposta biológica menor nos tecidos periféricos (músculo, fígado) e no tecido adiposo, diz-se que há resistência à insulina (LAGUNA, 2005).

A insulina é um hormônio produzido pelo pâncreas e tem como função primordial a regulação da quantidade de nutrientes que circulam na corrente sanguínea, atuando principalmente no controle da glicose, afetando também o metabolismo de proteínas e gorduras.

A resistência insulínica caracteriza dois problemas de saúde muito comuns: a síndrome metabólica e o DM2. A síndrome metabólica é um grupo de fatores de risco ligado à DM2 e a doenças cardíacas e possui como desencadeadores: alto nível de triglicérides na corrente sanguínea, obesidade e alta taxa de glicemia (LOTTENBERG et al., 2007).

3.3 Complicações do Diabetes

O DM requer cuidado clínico e educação contínua para a prevenção das complicações agudas e crônicas (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2004).

A maneira como os agentes etiopatogênicos agride o organismo e os sistemas naturais de defesa reagem às complicações do diabetes, possivelmente envolve a interação entre fatores genéticos e metabólicos dos indivíduos. O controle de modo ineficiente do DM propicia uma desordem metabólica, culminando em alterações macrovasculares e microvasculares, aquelas quando se iniciam prematuramente, e estas, quando a hiperglicemia é mais frequente (BOUSKELA et al., 2007).

A partir do diagnóstico do DM deve ser efetuado um rastreamento de complicações. No caso de pacientes DM1 deve ser feito após a puberdade, já nos pacientes DM2 deve ser realizado um rastreamento a ser repetido anualmente (KIBIRIGE, 2003).

Uma série de complicações pode acometer os pacientes diabéticos como a Nefropatia Diabética, Retinopatia Diabética, Doença Cerebrovascular, entre outras.

3.3.1 Cetoacidose Diabética (CAD)

De acordo com Foss et al. (2003), a Cetoacidose Diabética (CAD) é uma complicação aguda, típica do paciente DM1. Esse conjunto de distúrbios metabólicos se desenvolve em uma situação de deficiência insulínica grave ou absoluta, comumente associada a condições estressantes, que levam ao aumento dos hormônios contra-reguladores. O aumento da atividade cetogênica é um componente fisiopatológico marcante em tal situação de emergência clínica.

Não é raro o desenvolvimento de situações de descompensação metabólica aguda, principalmente a CAD, em pacientes jovens, no início do quadro diabético, sem diagnóstico prévio (FOSS et al., 2003).

3.3.2 Doença Arterial Coronariana (DAC)

A Doença Arterial Coronariana (DAC) é a primeira causa de óbito nas sociedades modernas (CERQUEIRA, 2002).

A DAC é caracterizada pela obstrução dos vasos sanguíneos que irrigam o coração e se manifesta de maneira mais extensa e mais grave em pacientes diabéticos, especialmente nas do sexo feminino. Há um agravante nos pacientes devido o maior risco de complicações e

óbitos após evento cardiovascular.

3.3.3 Doença Arterial Obstrutiva Periférica (DAP)

É definida como uma obstrução aterosclerótica das artérias de membros inferiores. No que se refere à Doença Arterial Periférica (DAP), afeta de 8 a 10 milhões de americanos com incidência crescente (WEITZ, 1996).

Estudos epidemiológicos apontam o DM e o tabagismo como importantes fatores de risco para DAP, aumentando de 2 a 4 vezes o risco relativo (DORMANDY, 2000). Cerca de um terço dos pacientes desenvolve essa complicação que na maioria das vezes, se apresenta de maneira assintomática. Entre 5 a 10% dos casos podem evoluir para casos de isquemia crítica do membro e risco de amputação.

Os dados epidemiológicos são variados e denotam a diversidade regional dos desfechos dessa complicação: em países desenvolvidos, a DAP é o complicador mais freqüente, nos países em desenvolvimento, a infecção é uma complicação comum das Úlceras dos Pés em Pacientes Diabéticos (UPD), resultando em amputações (CAFAIA et al., 2011).

3.3.4 Doença Cardiovascular (DCV)

De acordo com Kuller (1995), indivíduos DM2 apresentam risco aumentado de 3 a 4 vezes de sofrer evento cardiovascular e o dobro do risco de morrer deste evento quando comparados à população geral. Aproximadamente 13% dos pacientes com DM acima de 65 anos já tiveram um episódio de Acidente Vascular Cerebral.

3.3.5 Doença Cerebrovascular (DCeV)

São mais comumente chamadas de Acidentes Vasculares Cerebrais (AVC's) ou Acidentes Vasculares Encefálicos (AVE's) e acometem grande parte da população diariamente.

Um bom controle da diabetes com dieta adequada e medicamentos torna os problemas circulatórios menos comuns. Pessoas com diabetes devem cuidar atentamente os níveis da pressão arterial (SOCIEDADE BRASILEIRA DE DOENÇAS CEREBROVASCULARES, 2017).

3.3.6 Estado Hiperosmolar Hiperglicêmico

O Estado Hiperglicêmico Hiperosmolar é uma complicação aguda, característica do DM2, com deficiência insulínica relativa e que se caracteriza pela hiperglicemia, hiperosmolaridade e desidratação, principalmente envolvendo o sistema nervoso central.

Os fatores precipitantes da CAD ou do Estado Hiperglicêmico Hiperosmolar geralmente são de natureza infecciosa aguda (respiratória, urinária, etc.) associados ou não, ao tratamento insulínico interrompido ou inadequado às condições do paciente. Situações agudas estressantes (emocional isoladamente) ou acompanhando quadros orgânicos graves de AVC's, associam-se ao desencadeamento destas complicações do DM (SIQUEIRA et al., 2007).

3.3.7 Hipoglicemia

A hipoglicemia se caracteriza por um baixo nível de glicose na corrente sanguínea, geralmente abaixo de 70mg/dL, e em situações extremas pode levar à perda de consciência ou crises convulsivas. A maioria das ocorrências de hipoglicemia ocorre em pacientes diabéticos após utilização de fármacos como insulina ou então após utilização de bebidas alcoólicas.

O bloqueio da secreção de insulina é considerado como o primeiro e mais importante mecanismo de defesa contra hipoglicemia (CRYER, 2001).

3.3.8 Nefropatia Diabética

Na Doença Renal em Estágio Terminal, também conhecida como DRET, os rins trabalham menos de 10 por cento do seu funcionamento normal (STRATTON, 2000).

O Diabetes é a causa mais comum de DRET, uma vez que os pacientes com DM não conseguem quebrar a glicose corretamente e os níveis permanecem elevados na corrente sanguínea causando danos aos glomérulos dos néfrons, as minúsculas unidades localizadas nos rins responsáveis pela filtração do sangue.

Aproximadamente 25% da população brasileira em programa de diálise são diabéticos e em média 25% de pacientes com DM1 e DM2 desenvolvem evidência de nefropatia que pode evoluir em estágios diversos, sendo estes classificados levando-se em consideração a taxa de excreção urinária de albumina. Segundo Stratton (2000) a presença de microalbuminúria caracteriza o estágio inicial e a de macroalbuminúria, o estágio clínico.

Se não for bem tratada, a nefropatia diabética pode culminar em falência renal, não

havendo outras opções a não ser realização de um transplante ou diálises constantes.

3.3.9 Neuropatia Diabética Autonômica

Zochodne (2007) definiu a Neuropatia Diabética Autonômica como uma das importantes complicações crônicas do DM1 e que confere aumento significativo na morbimortalidade destes pacientes.

O acometimento patológico do sistema nervoso periférico é extenso e suas formas clínicas podem ser classificadas em neuropatias focais ou multifocais e generalizadas ou polineuropatias que podem ser sensitivo-motoras ou autonômicas. A neuropatia diabética apresenta amplo espectro clínico e, provavelmente, fisiopatológico (FOSS et al., 2008).

3.3.10 Pé Diabético

Pé Diabético é o termo empregado para nomear as diversas alterações e complicações ocorridas, isoladamente ou em conjunto, nos pés e nos membros inferiores dos diabéticos.

Segundo Cafaia et al. (2011), hoje há uma preocupação mundial com esta complicação do DM, visto que o custo humano e financeiro de sua decorrência é imenso, além do que, para o seu monitoramento e prevenção, se faz necessária a conscientização e um efetivo controle da doença desencadeadora e ainda, da implantação de medidas relativamente simples de assistência preventiva, de diagnóstico precoce e de tratamento mais resolutivo nos estágios iniciais da doença.

Para tanto, é primordial a disseminação do conceito de que o pé diabético é caracterizado pela presença de pelo menos uma das seguintes alterações: neurológicas, ortopédicas, vasculares e infecciosas, que podem ocorrer no pé do paciente portador de diabetes (CAFAIA et al., 2011). Essa visão se contrapõe, de forma decisiva, à visão corrente do membro em estágio terminal, necrosado e infectado, encontrado em todos os serviços de emergência, resultado da prevenção inexistente e de meses ou anos de atendimentos inespecíficos e falta de diagnóstico.

No Brasil, são estimadas, em um modelo hipotético para uma população de 7,12 milhões de pessoas com DM2, 484.500 úlceras, 169.600 admissões hospitalares e 80.900 amputações, das quais para 21.700 o desfecho seria a morte (SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2015-2016).

Segundo Holstein et al. (2000) e Papanas et al. (2006) a educação continuada de todos profissionais de saúde envolvidos, pacientes e familiares e a implementação de programas governamentais de prevenção do pé diabético são fundamentais na redução dos riscos de amputação do diabético.

3.3.11 Retinopatia Diabética (RD)

Segundo Alberti et al. (1998), dos pacientes que possuem DM1 cerca de 90% são acometidos por Retinopatia Diabética (RD), enquanto dos que possuem DM2 (após 20 anos de doença), são 60%.

A RD é a principal causa de cegueira em diabéticos em idade reprodutiva, se fazendo necessário rastreamento oftalmológico periódico, uma vez que costuma evoluir de modo assintomático na maioria dos pacientes, e quando detectado em estágio precoce permite tratamento adequado diminuindo o risco de perda da visão

Se gestante, a paciente necessita efetuar o rastreamento da RD trimestralmente. A catarata prematura é outra manifestação oftalmológica relacionada ao DM.

3.4 Prevenção do Diabetes

Para que haja o controle do número de diabéticos na população, uma série de fatores podem ser adotados, desde a atenção básica, onde pode ser trabalhada a prevenção de fatores de risco para diabetes como sedentarismo, obesidade e hábitos alimentares pouco saudáveis (GUIDONI et al., 2009). Há 3 casos específicos de prevenção do DM.

- Primária: Há a identificação e tratamento de indivíduos de alto risco para diabetes;
- Secundária: Ocorre a identificação de casos não diagnosticados de diabetes para tratamento;
- Terciária: Há a intensificação do controle de pacientes já diagnosticados visando prevenir complicações agudas e crônicas.

A principal maneira de efetuar a prevenção do DM é através do controle da glicemia, uma vez que o mesmo reduz de forma significativa as complicações do DM. Assim, métodos que avaliam a frequência e a magnitude da hiperglicemia são essenciais no acompanhamento do DM, visando a ajustes no tratamento.

Segundo as diretrizes da SBD (2015-2016), até a década de 1970, a avaliação do controle glicêmico era feita apenas com medida domiciliar da glicosúria e dosagens ocasionais de glicemia de jejum. Desde então, houve avanços significativos nos métodos utilizados, com o desenvolvimento de testes que avaliam o controle glicêmico em longo prazo, como a Hemoglobina Glicada (HbA1c), assim como aqueles que detectam flutuações da glicemia ao longo do dia, como o Automonitoramento da Glicemia Capilar (AMGC) e o Sistema de Monitoramento Contínuo da Glicose em líquido intersticial (SMCG).

3.5 Recomendações Nutricionais

A nutrição equilibrada estabelecida a partir de concentrações adequadas de macronutrientes e micronutrientes, deve se basear nos objetivos da manutenção da saúde do diabético. A ingestão dietética recomendada para os portadores de DM segue recomendações semelhantes àquelas definidas para a população geral, considerando todas as faixas etárias (HER, 2014).

A SBD (2015) enfatiza que as quantidades de macro e micronutrientes a serem oferecidos ao paciente dependerão do estado nutricional e dos objetivos quanto ao perfil metabólico. Estas diferem quanto à porcentagem entre os diversos comitês, porém não são muito distintas as porcentagens de nutrientes de uma pessoa saudável para as de um paciente diabético.

Tabela 3- Composição Nutricional do Plano Alimentar Indicado para Portadores de Diabetes Mellitus

MACRONUTRIENTES	INGESTÃO RECOMENDADA/DIA
Carboidratos (CHO)	Carboidratos totais: 45% a 60% Não inferiores a 130 g/dia
Sacarose	Até 10%
Frutose	Não se recomenda adição nos alimentos
Fibra alimentar	Mínimo de 20 g/dia ou 14 g/1.000 kcal
Gordura total (GT)	Até 30% do VET*
Ácidos graxos saturados (AGS)	< 7% do VET*
Ácidos graxos trans (AGT)	≤ 1 g
Ácidos graxos poli-insaturados (AGPI)	Até 10% do VET*
Ácidos graxos monoinsaturados (AGMI)	Completar de forma individualizada
Colesterol	< 200 mg/dia
Proteína	Prescrição individualizada
MICRONUTRIENTES	INGESTÃO RECOMENDADA/DIA
Vitaminas e minerais	Segue as recomendações da população não diabética
Sódio	Até 2.000 mg

Fonte: Diretrizes Sociedade Brasileira de Diabetes (2014-2015).

Como geradores de energia, os macronutrientes são as fontes exógenas da produção de glicose e, desse modo, influenciam diretamente na elevação da glicemia. No entanto, eles não são absorvidos em sua totalidade ou na mesma velocidade. Entre 35 e 60% das proteínas são convertidas em glicose entre 3 e 4 horas enquanto apenas 10% das gorduras podem sê-lo em 5 horas ou mais (SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2009).

3.5.1 Calorias

A caloria (cal) foi originalmente definida como a quantidade de energia (transferida ao aquecer) necessária para elevar a temperatura de um grama (1,0 g) de água líquida pura em um grau Celsius (1,0 °C), mais precisamente de 14,5 °C para 15,5 °C (RUSSEL, 1994; KOTZ e TREICHEL JR., 2002).

O termo caloria pode ser compreendido nutricionalmente como sendo a quantidade de energia que determinado alimento é capaz de fornecer após ser digerido e metabolizado pelo organismo, sendo fundamental para sua manutenção. Desse modo, a caloria não é constituinte dos alimentos, é apenas a medida da sua energia potencial. As necessidades calóricas básicas diárias são de aproximadamente 35 kcal/kg/dia para homens e 25 kcal/kg/dia para mulheres (NICHOLS et al., 2006).

Os principais grupos fornecedores de calorias são os macronutrientes carboidratos, proteínas e gorduras. Já outros nutrientes, como vitaminas e minerais não geram energia, no entanto são extremamente importantes para o organismo por desempenharem funções específicas (MEIRELLES, 2009).

Vale ressaltar que o consumo calórico excessivo, se não adequado às atividades diárias pessoais, tende a acarretar sobrepeso que no seu ápice pode se tornar um quadro de obesidade.

A ingestão calórica do indivíduo deve ser diretamente proporcional ao nível de atividade física que o mesmo desempenha de modo que haja um balanço razoável entre seu gasto e consumo.

De acordo com as práticas de desporto, pode ser considerado como sedentário o indivíduo que não pratica atividade física regular mesmo que leve, sendo esta considerada como a atividade física de duração inferior a 150 minutos/semana o que culminaria no provável gasto energético de 500Kcal semanais, no mínimo. A demanda energética de pessoas sedentárias é muito baixa (SILVA, 2008).

Os indivíduos que praticam atividades físicas as podem desempenhar nas mais diversas formas podendo ser consideradas, geralmente, de leve, moderada e alta intensidade.

A Tabela 4 fornece dados relacionados às necessidades energéticas em função do sexo, altura e atividade física.

Tabela 4 - Consumo Diário de Calorias

ALTURA (m)	SEXO	INTENSIDADE DA ATIVIDADE FÍSICA (Kcal)		
		LEVE	MODERADA	INTENSA
1,5	F	1450	1800	2150
	M	-	-	-
1,55	F	1550	1950	2350
	M	-	-	-
1,6	F	1650	2100	2500
	M	1850	2300	2750
1,65	F	1750	2200	2650
	M	1950	2450	2900
1,7	F	1850	2350	2650
	M	2100	2600	3100
1,75	F	2000	2500	3000
	M	2200	2750	3300
1,8	F	2100	2600	3100
	M	2350	2900	3500

Fonte: Autora. Adaptado de Atalla (2017).

A ingestão calórica diária deve ser proporcional ao consumo calórico corporal nos casos de manutenção do peso do indivíduo, a fim de que seja evitado o sobrepeso do indivíduo.

3.5.2 Macronutrientes

- Carboidratos

Os carboidratos, também conhecidos como hidratos de carbono ou glicídios, são os nutrientes que mais afetam a glicemia uma vez que quase 100% são convertidos em glicose em um tempo que pode variar de 15 minutos a duas horas (SBD, 2014). Os estudos mostram que os carboidratos simples não precisam ser tão restringidos como no passado e podem fazer parte da ingestão total de carboidratos.

Segundo dados da SBD (2003), a classificação dos carboidratos reflete o fato de que todos se transformam a partir da glicose, originando unidades mais simples e mais complexas. Os carboidratos simples mais encontrados nos alimentos são glicose, frutose, sacarose e

lactose e, entre os complexos, o amido. Após a digestão quase todos são absorvidos na forma de glicose.

Os carboidratos não-refinados, com fibra natural intacta, têm distintas vantagens sobre as versões altamente refinadas, em virtude dos seus outros benefícios, como menor índice glicêmico, maior saciedade e propriedades de ligação com o colesterol. São denominados de carboidratos complexos.

Por volta de 1980, as Associações Americana e Britânica de Diabetes finalmente abandonaram a antiquada estratégia de dietas restritas em carboidratos para os indivíduos diabéticos, visando, em lugar disso, uma dieta controlada na ingestão desses macronutrientes, optando pelos carboidratos complexos e fibras alimentares (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2008).

Vale ressaltar que os carboidratos, de todos os macronutrientes, são os maiores responsáveis pela glicemia pós-prandial, evidenciando que a prioridade deve ser a quantidade total de carboidrato, embora mais recentemente já se verifique um benefício modesto do uso de valores da carga glicêmica (índice glicêmico X quantidade de carboidratos/100). Não é plausível responsabilizar apenas os carboidratos pela alteração da resposta glicêmica dentro de uma dieta já que os macronutrientes podem estar presentes de maneira combinada em um único alimento e/ou refeição.

A quantidade de carboidratos a ser ingerida pelo paciente portador de diabetes, seja estabelecida de acordo com as metas de tratamento, utilizando-se uma recomendação diária de 50 a 60% do valor calórico total (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2003).

De acordo com a SBD (2009), as fibras, também são qualificadas como carboidratos, mas não precisam ser contabilizados, sendo importantes na manutenção e no bom desempenho das funções gastrointestinais e conseqüente prevenção de algumas doenças.

As fibras são encontradas nos vegetais, principalmente em folhas, talos, raízes, sementes, bagaços e cascas. As principais Fontes são frutas, verduras, legumes, farelos de aveia e de cevada, além das leguminosas (SBD, 2009). A fibra alimentar, também denominada de fibra dietética é a parte dos alimentos vegetais que apresenta resistência à hidrólise pelas enzimas digestivas humanas, sendo classificadas como solúveis ou insolúveis de acordo com sua solubilidade em água, tendo as primeiras importantes funções no controle glicêmico.

As Fibras insolúveis como a celulose e a lignina, além de muitas hemiceluloses, promovem a melhoria do trânsito intestinal, fator importante na prevenção do câncer de cólon e da constipação. Suas principais fontes são verduras e grãos de cereais. As Fibras

solúveis como a pectina, algumas hemiceluloses e alguns polissacarídeos, do ponto de vista fisiológico, retardam o esvaziamento gástrico, proporcionando maior saciedade além de terem um efeito positivo no controle dos lipídios sanguíneos. Suas principais fontes são: frutas, aveia, cevada, leguminosas, legumes (FIB, 2008).

Um consumo diário de alimentos que contenham cerca de 20 a 35 gramas de fibras dietéticas é recomendado aos diabéticos, assim como para a população em geral. Para tanto, é importante incentivar o uso de alimentos pouco cozidos e não refinados (SCHIERI et al., 2000).

- Proteínas

As proteínas do plano alimentar são macronutrientes envolvidos na síntese do tecido protéico e tem outras funções metabólicas específicas, como processos anabólicos, fonte de energia e papel estrutural (SBD, 2009).

A recomendação da ingestão diária é, em geral, de 15 a 20% do valor calórico total. Para pacientes diabéticos, a quantidade protéica pode receber orientação nutricional específica, se houver alguma implicação à saúde do indivíduo (SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2015).

O teor protéico da dieta deve ser diferenciado conforme a atividade física desempenhada por cada pessoa. Segundo a Sociedade Brasileira de Medicina do Esporte (SBME) a ingestão deve ser de 1,2 a 1,6 g/kg/dia quando há treinamento aeróbico, valendo-se ressaltar os riscos de sobrecarga renal, desidratação ou comprometimento do glicogênio, no caso de ultrapassagem desses limites, e para indivíduos sedentários o consumo protéico limita-se à faixa de 0,8 a 1g/kg/dia (SOCIEDADE BRASILEIRA DE MEDICINA DO ESPORTE, 2009).

- Lipídios

Os lipídios são componentes orgânicos dos alimentos que, por conterem menos oxigênio que os carboidratos e as proteínas, fornecem taxas maiores de energia. São também importantes condutores de vitaminas lipossolúveis e possuem ácidos graxos essenciais (FRANCO, 2005).

Na prática, recomenda-se a ingestão diária de até 30% do valor calórico total. Porém a ADA recomenda que os lipídios sejam estabelecidos de acordo com as metas do tratamento,

distribuindo os 30% em até 7% de ácidos graxos saturados, 10% ou mais de monoinsaturados e até 10% de poliinsaturados (AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, 2003).

O Colesterol deverá ser limitado em até 200mg/dL/dia. Incentivar o uso de pescado 2 a 3 vezes por semana para provimento adequada de gordura poliinsaturada Fonte ômega 3 (SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2009).

3.5.3 Micronutrientes

As vitaminas e os minerais não são capazes de gerar energia como os macronutrientes, mas mesmo ocorrendo em pequenas quantidades nos alimentos, são extremamente importantes para o organismo por desempenharem funções específicas e vitais nas células e nos tecidos do corpo humano. São os denominados micronutrientes (BRASIL, 2005).

As vitaminas são classificadas em hidrossolúveis (vitaminas do complexo B, ácido fólico e vitamina C) e em lipossolúveis (A,D,E,K) (FRANCO, 2005).

Segundo o Departamento de Nutrição e Metabologia da SBD (2008), as recomendações de consumo para idosos, adultos, gestantes e lactantes, adolescentes e crianças com DM1 ou DM2 são similares às para a população em geral.

A SBD (2009) recomenda que a suplementação medicamentosa apenas deve ser feita sob prescrição médica/nutricionista, em circunstâncias claras de deficiência ou necessidades especiais como idosos, gestantes ou lactantes, vegetarianos e veganos. Ressalta-se a relevância dessa informação visto que o consumo de doses excessivas pode desequilibrar as relações entre os nutrientes, além do potencial efeito tóxico, especialmente quando em uso prolongado.

- Cálcio

O consumo diário de cálcio deve atender às recomendações, especialmente para idosos diabéticos, para prevenção de doença óssea. A meta pode ser atingida com a utilização de três porções de leite e derivados e porções diárias de vegetais verde-escuros, além da exposição rotineira à luz solar (SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2009).

- Ferro

Alimentos ricos em ferro como fígado, leguminosas, carnes magras, vegetais folhosos e grãos integrais devem ser incluídos na dieta do portador de DM, assim como na população em geral dada sua importância orgânica.

É importante lembrar que o consumo associado de alimentos ricos em vitamina C favorece a absorção do ferro ingerido, fortalecendo o sistema imunológico (CHARLES et al., 2000).

Em gestantes, a necessidade de ferro é aumentada para promover a expansão do volume sanguíneo materno e a síntese dos tecidos fetais e placentários. Quando necessário, é feita recomendação médica de suplementação na forma de sulfato ferroso (BRASIL, 2000).

- Fósforo

O mineral fósforo é regularmente considerado como o segundo mineral mais abundante no organismo, e é o segundo elemento mais importante na manutenção da saúde e integridade óssea, ficando atrás apenas do cálcio, além de ser essencial para a realização de atividades indispensáveis para diferentes partes do corpo como o cérebro, rim e coração (BRASIL, 2008).

O fósforo é proveniente de diversas fontes alimentícias tais como carnes, nozes, cereais, legumes e inúmeros produtos lácteos.

- Zinco

De acordo com Guia Alimentar da População Brasileira (2008), o zinco é um mineral essencial a inúmeras enzimas que estão diretamente envolvidas nas principais vias metabólicas, além de desempenhar papel fundamental na síntese protéica e no metabolismo dos carboidratos que são considerados pontos-chave na dieta diabética. É imprescindível na função imunológica, no desenvolvimento das atividades de substituição de perda tecidual e no processo de cicatrização.

- Sódio

As recomendações de ingestão de sódio para o diabético, de modo geral, são semelhantes as do indivíduo não diabético e equivale a no máximo 2.000mg/dia. No entanto, especial atenção deve ser dada ao teor de sódio na dieta dos hipertensos e com problemas

cardíacos e/ou renais, onde uma maior restrição se faz necessária (SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2015).

O controle da ingestão de sódio é mais bem alcançado quando o diabético passa a ingerir alimentos naturais. Alimentos industrializados geralmente têm um teor de sódio aumentado, tanto pela adição de sal como pela presença de sódio na composição da maioria dos conservantes utilizados pela indústria (BRASIL, 2000).

Tabela 5 - Conteúdo de Sódio Alimentos *In natura* x industrializados

CONTÉUDO DE SÓDIO DE ALGUNS ALIMENTOS / 100g	<i>in natura</i> (mg)	enlatado (mg)
Sardinha	128,7	556,6
Aspargo	5	410
Batata inglesa	47,4	1000
Ervilha	1,20	100,8
Molho de tomate	5	524

Fonte: Autora. Adaptado Tabela de Composição Química dos Alimentos (FRANCO, 2015).

De acordo com a observação dos dados apresentados na Tabela 5, é possível perceber o aumento significativo do teor do mineral sódio nos alimentos oriundos da indústria, o que leva a considerar que sua ingestão deve ser moderada, sendo sempre preferíveis os alimentos não processados.

- Potássio

O potássio é o mineral que proporciona manutenção dos líquidos corporais e juntamente com o sódio, controla a pressão osmótica e promove a conservação do equilíbrio ácido básico, além de ser responsável pela manutenção do líquido intracelular, contração muscular, condução nervosa, frequência cardíaca e síntese de proteínas e ácidos nucleicos (BRASIL, 2008).

Atenção deve ser dada a pacientes em uso de diuréticos, observando-se a possível perda de potássio, que pode ser repostado através da própria alimentação. Pode haver deficiência na descompensação diabética pela perda aumentada na urina e, também, pela cocção de hortaliças e frutas, já que este eletrólito se perde na água de cozimento (SBD, 2009).

De acordo com MS (2000) é importante incentivar o consumo desses alimentos *in natura*, pois entre outros motivos, o uso de diuréticos pode culminar em perda significativa de potássio e também de magnésio.

O Quadro 6 expõe uma série de alimentos comuns com elevados níveis desse mineral.

Quadro 6 - Alimentos Ricos em Potássio

Alimentos com ALTO teor de Potássio (K)	
<i>In natura</i>	Maracujá, banana d'água/e prata, suco de laranja, abacate, uva, coco, melão, feijão, soja, grão de bico, ervilha, nozes, amendoim, avelã, amêndoa, lentilha, tomate, rabanete, espinafre, couve, brócolis, beterraba, nabo, cenoura.

Fonte: Autora, 2017.

Vale ressaltar que mesmo os alimentos industrializados relacionados contendo quantidade significativa deste mineral, por motivos de manutenção de saúde de maneira geral, não devem ser os prioritários na composição das refeições.

- Magnésio

O magnésio é um importante mineral para controlar o diabetes, visto que regula o transporte do açúcar na corrente sanguínea além de diminuir o risco de doença coronária, pois pode diminuir o acúmulo de placas de gordura na parede das artérias, além de auxiliar no sistema imunológico (BRASIL, 2007). Inúmeras são as fontes alimentares de magnésio, ressaltando-se banana, abacate, semente de abóbora, couve, acelga, chocolate amargo, espinafre, grãos de soja, etc.

- Vitamina A

A carência da vitamina A, assim como da C e a presença de anemias (perniciosa ou ferropriva) resultam em deficiência do sistema imunológico, aumentando a ocorrência de infecções, que é fator determinante de descompensação diabética (SBD, 2009). Os alimentos mais comuns disponíveis ricos nesta vitamina são fígado bovino, ovos, cenoura, manga, mamão, tomate, entre outros.

- Vitaminas B1 e B2

A carência subclínica de complexo B pode levar à depressão, falta de apetite e irritabilidade. A anorexia em diabéticos predispõe à hipoglicemia, sendo, portanto, importante atentar-se a este dado na anamnese e acompanhamento de idosos diabéticos.

As vitaminas do complexo B geralmente necessitam de suplementação em pacientes submetidos à diálise pelas perdas ocorridas durante o procedimento (BATISTA, 2007).

As evidências clínicas apontam que todas as vitaminas do complexo B têm participação fundamental no metabolismo dos carboidratos, lipídeos e proteínas. Atuam de formas diferentes e em diversos sistemas enzimáticos, mas sempre participam como coenzimas na ativação de inúmeros processos metabólicos (ROBERTO et al., 2014).

- Vitamina C

A vitamina C aumenta efetivamente a produção de glóbulos brancos que combatem microorganismos e estruturas estranhas ao corpo. Este nutriente também eleva os níveis de anticorpos no organismo, fortalecendo o sistema imunológico, e deixando o corpo humano menos suscetível a enfermidades e complicações decorrentes das mesmas (BRASIL, 2009).

A necessidade diária de vitamina C é estimada entre 25mg e 30mg por 1.000 kcal (FAO/OMS, 1998), que devem ser obtidos por meio da ingestão de alimentos de origem vegetal e frescos. As necessidades alimentares do ácido ascórbico estão aumentadas nos idosos, na gestação e na lactação.

A concentração estimada de vitamina C nos alimentos é afetada por diversos fatores: estação do ano, transporte, estágio de maturação, tempo de armazenamento e modo de cocção. Produtos animais contêm pouca vitamina C, e os grãos não a possuem. As fontes usuais de ácido ascórbico são vegetais, frutas e legumes (International Life Sciences Institute Brasil, 2012).

- Vitamina D

A vitamina D, assim como o mineral fósforo, estão intimamente ligados ao metabolismo do Cálcio, sendo imprescindível para a utilização destes minerais. Em caso de gestação, se o cálcio dietético for insuficiente, o cálcio dos ossos maternos será utilizado pelo

feto em crescimento (PEREIRA et al., 2014). Pacientes obesos e com DM2 frequentemente apresentam deficiência de vitamina D.

- Vitamina E

A vitamina E, assim com a vitamina C, o betacaroteno (precursor da vitamina A) e o mineral selênio são antioxidantes que atuam na proteção contra doenças do aparelho cardiovascular, não havendo evidências suficientes para que portadores de diabetes os utilizem além da quantidade fornecida por uma dieta equilibrada como qualquer outro indivíduo (SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES, 2009).

3.6 Alimentação Brasileira

O Brasil é um país de dimensões continentais, com diversas culturas e hábitos alimentares marcantes. As tabelas de composição de alimentos disponíveis para a população brasileira priorizam os alimentos comuns a todas as regiões do país. O Departamento de Nutrição da SBD, diante da relevância dos alimentos típicos na vida social da pessoa com DM, incluiu no Manual Oficial de Contagem de Carboidratos os principais alimentos típicos utilizados nas diversas regiões do Brasil.

De acordo com a SBD (2009), as regiões Norte e Nordeste, em função da forte influência de culturas indígenas e africanas, possuem uma alimentação à base de tubérculos, pescado, frutas e especiarias. A miscigenação de costumes nessas regiões torna a alimentação uma importante manifestação de cultura.

Ainda segundo a SBD (2009), as diversidades sociais e climáticas de algumas regiões são fatores determinantes para a disponibilidade de alimentos. Nas últimas décadas, a região Centro-Oeste sofreu avanços expressivos na agropecuária, mas a tradição da população nativa ainda se mantém, tendo como base da alimentação arroz, feijão, mandioca, milho, etc. A região Sudeste, por ter sofrido colonização portuguesa e espanhola, e, posteriormente, ter recebido diversos imigrantes oriundos de outros países, tem uma culinária bastante variada e mesmo assim possui uma fragilidade alimentar imensa, devido a presença dos hábitos de preparações rápidas e de fácil acesso, favorecendo a predominância dos alimentos ricos em calorias e gorduras saturadas, como *fast foods*.

Uma maneira de facilitar o processo de escolha dos alimentos a serem ingeridos nas refeições é a observação da pirâmide alimentar. A primeira pirâmide foi criada em 1992 pelo *United States Department of Agriculture* (USDA) e amplamente divulgada e aceita no mundo, objetivando a orientação e o incentivo de hábitos saudáveis e, sobretudo, a promoção da saúde prevenindo determinadas doenças, inclusive o DM. Os alimentos na pirâmide são classificados em Grupos Alimentares como Energéticos, Reguladores e Construtores (*United States Department of Agriculture*, 1992).

A base da alimentação deve ser composta pelos alimentos Energéticos que são fontes de carboidratos. São as principais fontes de energia do corpo, devem ser consumidos em maiores quantidades, ressalvando-se a escolha de fontes mais saudáveis como as naturais e não processadas. Os alimentos Reguladores são extremamente importantes para o bom funcionamento do organismo, atuando na prevenção de doenças. Neste grupo estão os alimentos fonte de vitaminas e os minerais. Na categoria dos Construtores há destaque para as proteínas, que são responsáveis pela manutenção dos músculos, tecidos e ossos do corpo humano. Representam estes alimentos o leite e seus derivados, além das carnes, ovos e legumes (CUNHA, 2014).

3.7 Índice Glicêmico e Efeitos dos Alimentos na Glicemia

O Índice Glicêmico (IG) foi proposto inicialmente em 1981 por David Jenkins, pesquisador da Universidade de Toronto – Canadá, e representa o efeito sobre a glicemia de uma quantidade fixa de carboidrato disponível de um determinado alimento em relação a um alimento-controle que geralmente é o pão branco ou a glicose, por meio da análise da curva glicêmica produzida por 50g de carboidrato (disponível) de um alimento em teste em relação à curva de 50g de carboidrato do alimento-controle ou padrão (glicose ou pão branco). Atualmente, o alimento-controle mais utilizado é o pão branco por ter resposta fisiológica melhor que a da glicose.

Uma vez que os alimentos de alto IG elevam de maneira extremamente rápida a glicemia, os portadores de DM devem evitar ao máximo o consumo dos mesmos ou, se possível, devem consumi-los após atividade física, quando não ocasionarão maiores transtornos ao organismo.

Alguns fatores específicos podem interferir no IG dos alimentos como o tempo de armazenagem e maturação, cozimento, processamento ou a variedade do alimento. É

importante ainda salientar que a quantidade de gordura e/ou fibras presentes na refeição tende a diminuir o IG da mesma.

Burnet et al. (2007) demonstraram em seus estudos que pacientes DM2 que sofreram mudanças alimentares como inserção na dieta de alimentos com baixo índice glicêmico e ricos em fibras alimentares, obtêm menores elevações nos níveis séricos de glicose e insulina pós-prandial, que compreende o período de 2 horas após a alimentação. Vale ressaltar também que no ano de 2003, a OMS concluiu que alimentos de baixo IG, possivelmente diminuem o risco para desenvolvimento de DM2, devido ao melhor controle na liberação da insulina.

Uma maneira de monitorar as escolhas alimentares junto com o controle da glicose é aliar o controle do índice glicêmico dos alimentos com a contagem de carboidratos, especialmente para pessoas que convivem com o DM2.

O IG dos alimentos é classificado como baixo, moderado ou alto. Um alimento com alto IG tende a elevar o nível de glicose na corrente sanguínea mais que outros alimentos com baixo e moderado IG. Os valores referência de IG e CG estão relacionados na Tabela 6:

Tabela 6 - Valores de Referência para IG, CG e CG/dia

	IG	IG*	CG	CG/dia
	controle = pão		controle = glicose	
BAIXO	≤75	≤55	≤10	≤80
MÉDIO	76-94	56-69	11-19	81-119
ALTO	≥95	≥70	≥20	≥120

Fonte: SUGIRIS, 2007.

NOTA: *Para obtenção de valores de IG (glicose 100%) multiplica-se por 0,7 o valor de IG (pão =100%)

Informações acerca do IG, assim como das frações de carboidratos dos alimentos, constituem ferramentas aptas ao uso na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis e síndrome metabólica.

A *International Table of Glycemic Index and Glycemic Load Values* (Apêndice A) é uma das tabelas contemporâneas mais completas de que se dispõe. Nela estão contidos índices e cargas glicêmicas de uma série de alimentos dos mais diversos países.

É importante salientar a importância da orientação nutricional pelo profissional especialista em DM, a fim de avaliar as inúmeras vantagens de escolher alimentos com baixo IG e CG e sua viabilidade na dieta do paciente.

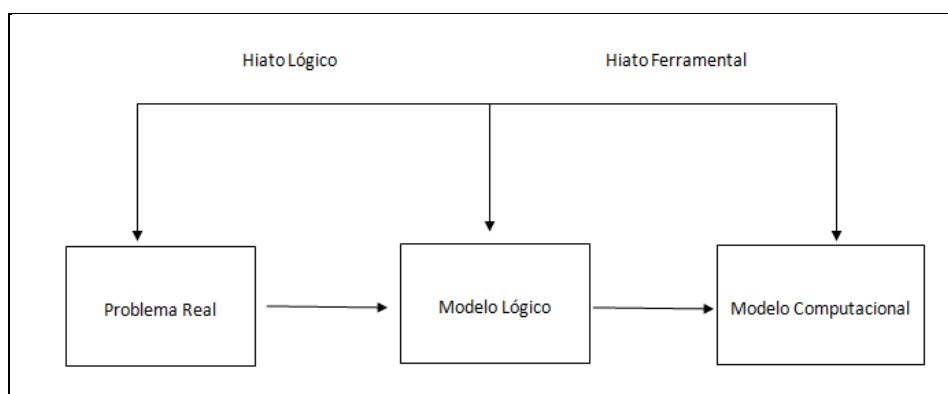
3.8 Modelagem e Otimização de Dietas

A modelagem computacional de um sistema real e sua simulação podem ser entendidos como processos amplos que englobam não apenas a construção do modelo, mas todo o método experimental.

Os modelos matemáticos devem ser implementáveis, havendo um consenso quanto o computador ser a maior ferramenta para análise quantitativa. Vale ressaltar que apesar de seus inúmeros recursos, há situações em que são impostas restrições às conclusões teóricas de desempenho, por sua degenerescência numérica (GOLDBARG & LUNA, 2004).

A figura 2 traz de modo sucinto os hiatos acumulados na tradução e construção de um modelo matemático de Otimização.

Figura 2 - Etapas de tradução de um modelo matemático



Fonte: GOLDBARG & LUNA(2004)

O Problema da Dieta consiste em, dado um conjunto de alimentos, escolher quais e quanto usar de cada um para compor uma dieta alimentar que atenda quantidades pré-determinadas de nutrientes, de acordo com algum critério (LUNA, 2004). No caso específico da dieta para portadores do Diabetes Mellitus, o objetivo é utilizar um modelo quantitativo e de simulação a fim de auxiliar na tomada de decisões de qual alimento ingerir, visando o controle da glicemia através da diminuição da função objetivo, respeitando-se paralelamente, as preferências alimentares do indivíduo.

Para construção do modelo matemático, que represente o problema da dieta para diabéticos, é preciso distinguir os elementos conhecidos e os desconhecidos. Os elementos conhecidos, em princípio são: alimentos a serem considerados na elaboração da dieta, a quantidade mínima de nutrientes que a dieta deve satisfazer diariamente, etc. Como elementos

desconhecidos estão o número de porções de cada alimento a ser usado na dieta, sempre visando o objetivo que é a diminuição da glicemia aliada ao poder de escolha do alimento de acordo com as preferências do usuário.

As Restrições do modelo matemático estão relacionadas à quantidade mínima dos nutrientes pré-especificados que a dieta deve fornecer, assim como os índices utilizados devem representar os alimentos e nutrientes e as variáveis de decisão o número de porções de cada alimento a ser incluído na dieta.

Há a necessidade de se encontrar uma função objetivo adequada ao modelo matemático, proveniente de uma dieta com o menor índice glicêmico possível, satisfazendo também um nível mínimo de cada nutriente.

George Stigler (1945), propôs o primeiro problema de Otimização de Dietas que se tem registro. No seu problema havia a intenção de atender as necessidades nutricionais mínimas recomendadas pelo Conselho Nacional de Pesquisa Norte-Americano, dispondo de 77 alimentos e com o menor custo possível.

George Dantzig (1947) apresentou o método *Simplex*, muito difundido em todo o mundo até os dias atuais. O Problema da Dieta de Stigler foi testado e validado neste método. No mesmo ano, o responsável pelo Projeto de Tabelas Matemáticas do Bureau Nacional de Padrões norte-americano, Jack Laderman, resolveu o primeiro problema computacional de grande escala com o método simplex de Dantzig.

Inúmeros pesquisadores deram continuidade aos estudos de Otimização de Dietas incorporando alimentos novos, utilizando especificações nutricionais diversificadas ou necessidades orgânicas mínimas.

Segundo OLIVIERI (2004), os problemas de Otimização, devido sua complexidade, estão divididos em grupos específicos de acordo com as características determinantes para sua resolução, havendo diversas técnicas que podem ser aplicadas para obtenção da solução ótima. Há uma técnica de otimização mais indicada para resolução de um problema específico. As técnicas podem ser classificadas como métodos de programação matemática ou métodos probabilísticos.

O primeiro modelo que visava à elaboração seletiva de refeições foi apresentado por Lancaster, por meio da interatividade com o planejador das dietas. De acordo com Lancaster (1992), a definição interativa de refeições é preferível devido à heterogeneidade das populações e à liberdade de escolha do indivíduo. Em seu trabalho, o especialista em planejamento de refeições define uma combinação inicial de receitas com porções padronizadas, sendo estes itens escolhidos a partir de uma base de dados previamente

preparada e definida pelo próprio especialista, considerandoos aspectos de compatibilidade entre os mais diferentes alimentos. Segundo o próprio autor, inúmeras das refeições elaboradas, não foram capazes de atender objetivos nutricionais, a princípio se fazendo necessário o ajuste nos tamanhos das porções.

O modelo, usualmente é modelado como um problema de Programação Linear. Para a simulação do problema proposto será utilizado o *General Algebraic Modeling System* (GAMS[®]), amplamente utilizado em modelos lineares, não-lineares e em otimização de processos, onde para um dado um conjunto de alimentos, será possível escolher quais e quanto usar de cada um para compor uma dieta que atenda quantidades pré-determinadas de nutrientes, de acordo com o critério de minimização da ingestão de alimentos que influenciem diretamente na elevação da glicemia.

Czyzyk et al. (1999) criaram um processo interativo para a criação de restrições. A partir da utilização de um *software*, há a possibilidade de selecionar os alimentos a serem incluídos na dieta, a partir de uma lista de itens apresentados.

3.9 Programação Linear

Assim como outros ramos científicos, a Programação Linear pode ter a sua origem na Antiguidade Clássica ou na Antiguidade Oriental, uma vez que a procura do ótimo foi um tema que sempre interessou o Homem (RAMALHETE et al. , 1984), tendo o trabalho em Programação Linear seu início, principalmente, devido às questões militares e econômicas (KATZ, 2010).

A Programação Linear consiste no tratamento de problemas de maximização ou minimização de uma função linear satisfazendo um determinado número de restrições que podem ser traduzidas por condições lineares (KATZ, 2010).

Os modelos de Programação Linear incluem modelos de Programação Linear Inteira, Programação Linear não Inteira e Programação Linear Mista (WINSTON; YENKATARAMAN, 2003).

Os problemas simples de Programação Linear podem ser resolvidos manualmente, mas não são os problemas mais interessantes do ponto de vista de aplicabilidade, mas sim os que envolvem um número bastante elevado de variáveis e equações envolvidas.

As soluções admissíveis para um mesmo problema de Programação Linear são inúmeros ou até mesmo infinitas. No entanto, sendo sempre o objetivo maximização ou minimização da função objetivo, existe uma solução denominada ótima do problema.

Há alguns trabalhos que envolvem a temática da Programação Linear aplicada às Dietas, como o intitulado Problema da Dieta, que aborda uma série razoável de alimentos, mas com algumas limitações como a que faz com que a dieta seja repetida dia após dia sem uma grande variedade (FERREIRA;PINHO, 2012). Há ainda, outros relacionados à nutrição animal, como por exemplo, onde está representado um problema de programação linear clássico, formulado a partir de informações do setor suinocultor brasileiro, objetivando propor uma ração com valores nutricionais adequados e de reduzido custo de produção (SANTOS; QUINTAL, 2012).

3.10 *General Algebraic Modeling System (GAMS[®])*

Segundo Gurgel (2010), o software GAMS[®] é uma poderosa ferramenta de otimização que possui uma linguagem simples ao mesmo tempo em que é avançada, permitindo descrever de forma simples e elegante os mais complexos problemas matemáticos e otimizá-los de forma bastante eficiente, sendo muito utilizado para otimização de processos industriais, otimização de problemas de logística, otimização de planejamento de produções, entre outras.

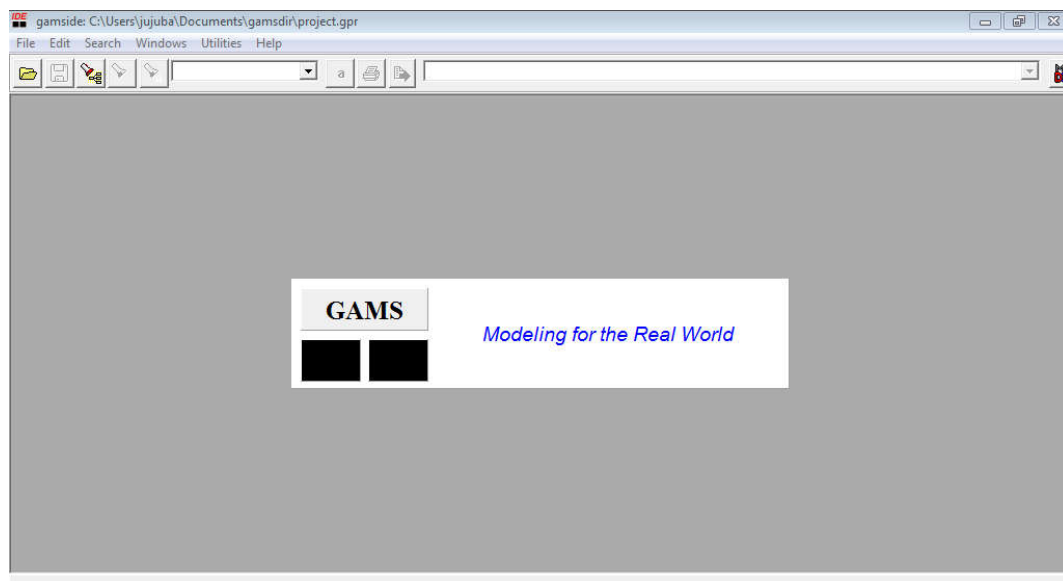
Brooke et al. (2008) descreveram o *software General Algebraic Modelling System (GAMS[®])* como um compilador de linguagem, um estábulo de solucionadores integrados de alto desempenho, com um abastado conjunto de ferramentas de conectividade e produtividade, onde pode ser automatizado o processo de passar um enunciado matemático de um problema à solução, através das representações necessárias por meio de solucionadores específicos, tais como CONOPT, MINOS, CPLEX, etc., para resolver problemas de programação linear. Eles diferem entre si pelos métodos implementados e também tipos de problemas que são capazes de resolver. O CPLEX, utilizado no presente trabalho, resolve problemas de programação linear, assim como diversas extensões de PL, como Problemas de Fluxo de Rede, Programação Quadrática e Programação Inteira Mista.

O software GAMS[®] foi especificamente idealizado para a modelagem de problemas de programação linear, não-linear e programação inteira e mista e pode ser utilizado em microcomputadores, estações de trabalho e computadores de grande porte (BROOKE et al., 1997).

O GAMS[®] pode ser baixado em sua página oficial na web (a versão utilizada no presente trabalho foi a 22.2). Após sua instalação, ao clicar no ícone do aplicativo, abre-se uma janela com a tela principal do *software* como ilustrado na Figura 3.

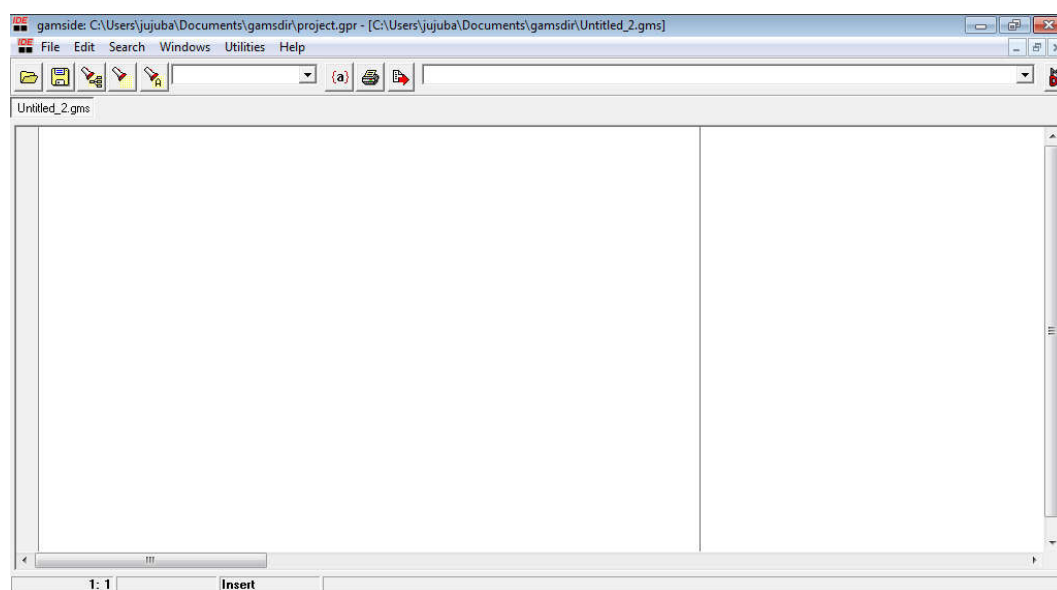
Diante da tela principal do GAMS, abre-se um novo arquivo, clicando-se em “File” e posteriormente em “New”, sendo aberta uma guia dentro do contexto do programa onde devem ser declaradas a função objetivo, as variáveis, os comandos executáveis, as restrições e demais informações necessárias ao modelo. Esta nova guia pode ser visualizada na Figura 4.

Figura 3- Tela Principal do *software* GAMS®



Fonte: Autora, 2017.

Figura 4- Ambiente de Trabalho do *software* GAMS®



Fonte: Autora, 2017.

O GAMS[®] pode ser utilizado em grandes aplicações de modelagem em escala e permite a construção de grandes modelos sustentáveis que podem ser adaptados rapidamente a novas situações, sendo bastante empregado na resolução de problemas grandes e/ou complexos, podendo o usuário mudar a formulação, mudar de um solver a outro, e até mesmo converter de linear a não-linear.

4 METODOLOGIA

A metodologia consistiu, inicialmente, na seleção dos alimentos e correspondência com seus respectivos macro e micronutrientes atendendo as restrições impostas de quantidades máximas ou mínimas a serem ingeridos diariamente, segundo recomendações nutricionais.

A coleta de dados para o modelo foi realizada através da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos da Universidade de São Paulo (TBCA-USP 5.0). A escolha por sua utilização se deu por contemplar uma série de dados qualitativos (composição) e quantitativos relevantes (carboidratos por fração, resposta glicêmica, etc.).

Segundo a TBCA – USP 5.0, os dados nutricionais apresentados são provenientes apenas de análises químicas, portanto, representa um valor médio, proveniente de um determinado número de amostras. Os alimentos, devido seu caráter biológico, apresentam alterações que podem modificar teores de nutrientes em função de variedade, solo, safra, temperatura, produção, formulação, processamento, etc. Portanto, variações podem ser encontradas em outras análises de alimentos semelhantes.

A base de dados utilizada no modelo é composta por 60 alimentos diferentes nos estados cru e/ou cozidos, além de derivados, sendo escolhidos de modo a possibilitar uma gama razoável de alimentos a atender características gerais da alimentação brasileira dispondo também de alimentos regionais.

Também foram utilizadas informações provenientes da literatura nacional e internacional acerca da temática, sobretudo no tocante aos estudos relacionados às áreas de Pesquisa Operacional e de Nutrição Humana.

Para a Otimização da Dieta, foi utilizada a modelagem do tipo linear, sendo o modelo rodado com auxílio do *software* GAMS[®], versão 22.2. O computador utilizado na modelagem foi o Asus Eee PC 1005HA, com processador Intel (R) Atom (TM) CPU N270 de 1.6GHz, memória de 2 GB e Sistema Operacional de 32 bits.

Foram realizadas três simulações distintas, para a elaboração de dietas diárias, não havendo restrições de uso de um mesmo alimento em dias ou refeições diferentes.

Os dados de entrada configuram parâmetros e são passíveis de modificação, testes e avaliações por parte do usuário.

As simulações propostas consistiram em estudos de caso genéricos da utilização do modelo matemático implementado no GAMS[®] para portadores de DM, havendo

especificação de altura, sexo e nível de intensidade de atividade física praticada pelo paciente hipotético.

A primeira simulação proposta (Dieta 1) foi implementada para um indivíduo portador de DM do sexo feminino, com estatura média de 1.50m e praticante de atividade física de intensidade moderada.

Na segunda simulação (Dieta 2) foram obtidos resultados especificamente para estudo de caso de um indivíduo portador do DM do sexo masculino, de estatura equivalente a 1.60m e praticante de atividade física de intensidade leve.

Na terceira simulação (Dieta 3) foram obtidos resultados para o estudo de caso de um indivíduo hipotético portador do DM do sexo masculino, de 1.80m de estatura e praticante de atividade física de intensidade moderada.

As necessidades calóricas desses pacientes diabéticos foram estipuladas com base nas recomendações da Tabela 3, levando-se em conta que as demais restrições deveriam ser atendidas de maneira equivalente para os mesmos, visto que seus perfis não se diferenciavam de modo geral quanto à fase de vida, controle do diabetes e demais parâmetros inerentes do modelo.

4.1 Modelagem Matemática e sua Elaboração

O modelo matemático da dieta foi construído com base em conjuntos, parâmetros, variáveis, restrições e na Função Objetivo. Adaptando-se equações de Carneiro e Andrade (2017), as restrições foram compostas pelos limitantes e pelas relações de restrição a fim de proporcionar adequação ao presente modelo. Os valores pré-estabelecidos neste modelo, para macro e micronutrientes, têm caráter genérico e são empregados para indivíduos na fase adulta, seguindo recomendações também gerais do MS (2015). Vale ressaltar que cada função pode ser perfeitamente adaptada às necessidades nutricionais de cada indivíduo ou grupos específicos.

4.1.1 Função Objetivo

A função objetivo é aquela que define qual o propósito principal do modelo computacional. A função objetivo desse modelo matemático é a função carboidrato, uma vez

que o objetivo deste modelo é minimizar o consumo diário desse macronutriente. A função carboidrato está descrita na Equação 1:

$$\text{Carboidrato} = \sum(c_i * g_i) \quad (1)$$

Onde: c_i é a quantidade de carboidratos por grama de alimento e g_i é a quantidade de gramas de determinado alimento.

4.1.2 Restrições

As restrições são as equações que compõem um sistema com o objetivo de minimizar a *função carboidrato*. São elas:

4.1.2.1 Consumo Calórico Diário Mínimo

$$\sum(cal_i * g_i) \geq 2.000 \quad (2)$$

Onde: cal_i representa a quantidade de calorias presente por grama de alimento. A Equação 2 expressa que a quantidade total mínima de calorias ingerida por dia deve ser de 2000 ± 500 kcal.

Vale ressaltar que a flexibilização da Equação 2 é viável para atendimento às particularidades de cada indivíduo, uma vez que o consumo calórico diário mínimo varia de acordo com o sexo, altura, peso, fase de vida e intensidade de atividade física desempenhada.

4.1.2.2 Consumo Protéico Diário Mínimo

$$\sum(p_i * g_i) \geq 28.4 \quad (3)$$

Onde: p_i é a quantidade de proteína por grama de alimento. Na equação 3 se observa a necessidade de ingestão diária de no mínimo 28.4 ± 10 gramas de proteína. Exceto em situações em que a função renal do diabético não seja normal, caso em que deve seguir recomendações protéicas especiais, a indicação protéica de portadores de DM é equivalente a de indivíduos não diabéticos.

4.1.2.3 Quantidade de Gordura Saturada e Gordura Total Consumidas Diariamente

$$\sum G_{s_i} * g_i \leq 200 \quad (4)$$

Onde: G_{s_i} , indica a quantidade de gordura saturada por grama de um alimento.

$$\sum G_i * g_i \leq 400 \quad (5)$$

Onde: G_i indica a quantidade de gordura total contida em cada grama de um determinado alimento.

Pela observância das relações matemáticas presentes nas Equações 4 e 5 é possível afirmar que no máximo é permitida a ingestão de 200g de gordura saturada e 400g de gordura total, respectivamente.

4.1.2.4 Consumo Diário Mínimo de Fibras Alimentares

$$\sum(f_i * g_i) \geq 30 \quad (6)$$

Onde: f_i é a quantidade de fibra por grama de alimento. A equação 6 expressa que é necessário, diariamente, ingerir cerca de 30 ± 10 g de fibra, no mínimo.

4.1.2.5 Consumo Diário Mínimo de Micronutrientes

$$\sum(n_i * g_i) = n_{min} \quad (7)$$

Onde: n_i representa a quantidade de nutriente por grama de alimento e g_i denota a quantidade em gramas do alimento, resultando na quantidade mínima total de nutrientes a serem ingeridos diariamente, representada por n_{min} .

Na elaboração do modelo foram levadas em considerações quantidades mínimas diárias necessárias de cada nutriente isoladamente para a alimentação de um portador de DM, visando que a manutenção de seu estado físico regular está bastante associado a uma dieta balanceada.

4.1.2.6 Consumo Diário Mínimo de Minerais

- Cálcio

$$\sum(Ca_i * g_i) \geq 0.85 \quad (8)$$

Onde Ca_i é a quantidade do mineral Cálcio por grama de alimento. Na Equação 8 é possível observar que é necessária a ingestão diária de 850 ± 50 miligramas de cálcio, no mínimo.

- Ferro

$$\sum(Fe_i * g_i) \geq 0.018 \quad (9)$$

Onde: Fe_i é a quantidade de ferro por grama de alimento. A Equação 9 indica que é necessária uma ingestão diária de no mínimo 18 ± 5 miligramas de ferro.

- Zinco

$$\sum(Zn_i * g_i) \geq 0.015 \quad (10)$$

Onde: Zn_i é a quantidade de zinco por grama do alimento. A Equação 10 indica que a quantidade mínima de zinco ingerida diariamente seja de 15 ± 5 miligramas.

- Sódio

$$\sum(Na_i * g_i) \leq 2000 \quad (11)$$

Onde: Na_i é a quantidade de sódio por grama de determinado alimento. A Equação 11 indica a necessidade de ingestão diária, de no máximo, 2000 ± 0.5 miligramas de sódio.

- Potássio

$$\sum(K_i * g_i) \geq 3.5 \quad (12)$$

Onde: K_i é a quantidade de potássio por grama de alimento. A Equação 12 indica a necessidade de ingestão diária de uma quantidade mínima de 3.5 ± 0.5 gramas de potássio.

- Fósforo

$$\sum(P_i * g_i) \geq 0.7 \quad (13)$$

Onde: P_i é a quantidade de fósforo por grama de alimento. A Equação 13 indica a necessidade de uma ingestão mínima diária de 700 ± 50 miligramas de fósforo.

- Magnésio

$$\sum(Mg_i * g_i) \geq 0.4 \quad (14)$$

Onde: Mg_i é a quantidade de magnésio por grama de alimento. A Equação 14 representa a necessidade de se ingerir diariamente uma quantidade mínima de 400 ± 50 miligramas de magnésio.

4.1.2.7 Consumo Diário Mínimo de Vitaminas

- Vitamina A

$$\sum(Va_i * g_i) \geq 80 \quad (15)$$

Onde: Va_i é a quantidade de vitaminas por grama de alimento. A Equação 15 representa a necessidade de se ingerir diariamente uma quantidade mínima de 80 ± 5 miligramas de vitamina A.

- Vitaminas B1 e B2

$$\sum(Vb1_i * g_i) \geq 0.98 \quad (16)$$

Onde: $Vb1_i$ é a quantidade de vitamina B1 por grama de alimento. A Equação 16 representa a

necessidade de ingestão diária de uma quantidade mínima de 0.98 ± 0.05 miligramas de vitamina B1.

$$\sum(Vb2_i * g_i) \geq 1.35 \quad (17)$$

Onde: $Vb2_i$ é a quantidade de vitamina B2 por grama de alimento. Na Equação 17 é possível observar que é necessária uma ingestão diária de uma quantidade mínima de 1.35 ± 0.5 miligramas de vitamina B2.

- Vitamina C

$$\sum(Vc_i * g_i) \geq 200 \quad (18)$$

Onde: Vc_i é a quantidade de vitamina C por grama de determinado alimento. Na Equação 18 é possível observar a necessidade de se ingerir diariamente uma quantidade mínima de 200 ± 50 miligramas de vitamina C.

- Vitamina D

$$\sum(Vd_i * g_i) \geq 150 \quad (19)$$

Onde: Vd_i denota a quantidade de vitamina D por grama de determinado alimento. Na equação 19 pode-se observar que é necessário ingerir diariamente uma quantidade mínima de 150 ± 50 microgramas de vitamina D.

- Vitamina E

$$\sum(Ve_i * g_i) \geq 100 \quad (20)$$

Onde: Ve_i é a quantidade de vitamina E por grama de alimento. Na Equação 20 se observa que é necessária a ingestão diária de, no mínimo, 100 ± 50 miligramas dessa vitamina.

4.1.2.8 Consumo Diário Máximo de Colesterol

$$\sum Col_i * g_i \leq 290 \quad (21)$$

Onde: col_i é a quantidade de colesterol presente por grama de determinado alimento. A Equação 21 define que é necessário ingerir diariamente, no máximo, 290 ± 50 miligramas de colesterol. Vale ressaltar que o colesterol tem funções importantes a desempenhar no organismo, portanto, seu consumo é necessário. Desse modo, a Equação 22 indica que o colesterol deve ser necessariamente, diferente de zero.

$$\sum Col_i * g_i \neq 0 \quad (22)$$

4.1.2.9 Quantidade de Alimento Consumido Diariamente

$$100 * \sum g_i = \text{quantidade de alimento consumido por dia} \quad (23)$$

A Equação 23 representa a quantidade de alimento consumida por dia em sua totalidade. Desse modo, por dia, háo somatório da quantidade de cada alimento ingerido sendo multiplicado por 100, a fim de obter o valor numérico em Kg, uma vez que originalmente estão disponíveis na unidade de massa grama.

Optou-se a fim de facilitar o entendimento e emprego da técnica, expressar a quantidade dos alimentos em unidades de medidas caseiras obtidas através da Tabela para Avaliação do Consumo Alimentar em Medidas Caseiras de Pinheiro et al. (2002), onde estão dispostos uma das maiores séries de alimentos devidamente quantificados e transformados originalmente de unidades de massa (g) para unidades de medidas domésticas mais usuais.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os alimentos mais comumente usados na alimentação dos indivíduos foram dispostos juntamente com seus alguns dos dados nutricionais mais relevantes para este estudo.

Optou-se por utilizar alimentos disponíveis a praticamente todos os indivíduos diariamente, além dos alimentos que são consumidos eventualmente.

Os dados nutricionais foram coletados na literatura e dispostos em novas tabelas adaptadas especificamente para atender as finalidades deste estudo especificamente. Em seguida, foram transferidos individualmente ao *Software Gams*[®] para resolução do sistema de equações proposto pelo modelo, sendo processados usando o *solver* cplex a fim de proporcionar combinações alternativas e com valores ótimos de consumo de carboidratos.

Testes das combinações de alimentos foram realizados e os resultados obtidos analisados a fim de validar o modelo como possível meio de apoio à elaboração de dietas. A denominação Dieta Ótima foi utilizada com base na denominação Solução Ótima, amplamente utilizada em Pesquisa Operacional. Desse modo, a Dieta Ótima consistiu no grupo de alimentos selecionados pelo *software* de acordo com os alimentos disponíveis para escolha pelo mesmo, respeitando as restrições impostas pelo modelo matemático.

A análise dos resultados preliminares consistiu na verificação da compatibilidade dos dados obtidos no modelo com os presentes na literatura. Os alimentos utilizados foram distribuídos em grupos diferentes, cada grupo representou a alimentação escolhida para um dia da dieta. Nestes estudos específicos, foram considerados casos em que o indivíduo faz apenas as três principais refeições do dia (café-da-manhã, almoço e jantar) e casos em que o indivíduo faz entre 5 e 6 refeições ao dia, como geralmente é recomendado para o portador de DM (café-da-manhã, lanche da manhã, almoço, lanche da tarde, jantar, ceia).

Foram realizados três estudos de caso, configurando a aplicação do modelo para indivíduos de diferentes sexos, alturas e níveis de atividades físicas, considerando-se que estivessem em fases de vida equivalentes e com DM em níveis controlados. As simulações propostas consistiram em casos genéricos da utilização do modelo por pacientes portadores de DM (Dietas 1, 2 e 3), especificando-se altura, sexo e nível de intensidade da atividade física praticada pelos mesmos para obtenção de necessidade energética diária requerida para conseqüente implementação no *software*.

- Estudo de caso 1 – Dieta 1

No primeiro estudo de caso foi realizada a simulação de acordo com as possíveis preferências alimentares ou disponibilidade de alimentos, de um usuário hipotético portador de DM. Especificou-se que o indivíduo era do sexo feminino, de estatura média equivalente a 1.50m e praticante de atividade física de intensidade moderada. A necessidade de ingestão calórica desse indivíduo pela sua estatura, sexo e intensidade de atividade física desempenhada é de, em média, 1800Kcal, visto que não há intenção de redução ou incremento do peso, apenas manutenção, além de atendimento às necessidades de macro e micronutrientes diárias exigidas.

Determinou-se, neste estudo específico, que a usuária/pacientes do modelo em questão, faria apenas as 3 principais refeições do dia (café-da-manhã, almoço e jantar).

Foi proposto que o primeiro Grupo de Alimentos (G1) fosse formado pelos alimentos contidos no Quadro 7:

Quadro 7 - Grupo de Alimentos 1 (G1)

Macaxeira, cozida
Suco de maracujá
Pão de forma
Presunto, <i>light</i>
Manteiga
Iogurte desnatado
Bisteca suína
Salada de tomate, alface e coentro
Abóbora
Peito de frango, grelhado
Feijão preto
Arroz branco, tipo 1
Suco de laranja

Fonte: Autora, 2017.

A solução ótima obtida para o primeiro grupo de alimentos (G1) informou a quantidade individual de cada alimento que pode ser consumida pelo usuário e está disposta na Tabela 7, onde as quantidades em gramas foram substituídas por unidades de medidas caseiras para melhor entendimento e aplicação de consumo.

Tabela 7 - Dieta ótima obtida para o G1

Café da manhã	Porções
Iogurte desnatado	1 unidade
Pão de forma	2 unidades
Presunto, <i>light</i>	2 fatias
Manteiga	2 colheres de chá
Almoço	Porções
Arroz branco, tipo 1	3 colheres de sopa
Alface	2 folhas grandes
Tomate	3 colheres de sopa (cubos)
Coentro	2 colheres de sopa
Abóbora	2 colheres de sopa
Peito de frango, grelhado	1 pedaço grande
Feijão preto	1 concha média
Suco de laranja	1 copo médio
Jantar	Porções
Suco de maracujá	1 copo médio
Macaxeira, cozida	2 pedaços médios
Bisteca suína	1 pedaço médio

Fonte: Autora, 2017.

Para este primeiro grupo de alimentos as informações nutricionais foram dispostas na Tabela 8, onde é possível ver através das quantidades mínimas e/ou máximas exigidas, que foram atendidas pelas quantidades presentes na dieta proposta.

Através da análise da Tabela 8 percebemos que a dieta ótima (solução ótima) fornecida para o primeiro grupo de alimentos é satisfatória do ponto de vista do atendimento às restrições impostas pelo modelo.

O objetivo de minimizar a quantidade de carboidrato obedecendo ainda uma ingestão diária mínima foi atendido com este grupo de alimentos, uma vez que o valor consumido de carboidrato ficou dentro do parâmetro, sendo este o principal objetivo do modelo para pacientes portadores de DM.

As vitaminas e os minerais tiveram seus quantitativos mínimos atendidos pelo modelo, uma vez que os resultados obtidos, para cada um destes elementos individualmente, ultrapassaram os valores mínimos especificados.

Tabela 8 - Informações nutricionais obtidas para dieta ótima do G1

NUTRIENTES	QUANTIDADES		
	MÍNIMA	MÁXIMA	PRESENTE
Calorias	1800±450	-	1823.21
Proteína	28,4±5	-	98.51
Colesterol	-	290±50	262.78
Carboidratos	200 ±50	-	217.89
Fibra	30±5	-	34.71
Cálcio	850±50	-	587,92
Ferro	18±5	-	28.64
Zinco	15±5	-	12.07
Sódio	-	2000	1798.11
Potássio	3510±500	-	3231.63
Fósforo	700±50	-	1285.22
Magnésio	400±50	-	399.92
Vitamina A	80±5	-	221.06
Vitamina B1	0.98±0.05	-	0.97
Vitamina B2	1.35±0.5	-	1.306
Vitamina C	200±50	-	275.98
Vitamina D	0.15±0.05	-	2.79
Vitamina E	0.1±0.05	-	1.42
Gordura Total	-	400±50	49.89
Gordura Saturada	-	200±50	26.36

Fonte: Autora, 2017.

O colesterol, que também se configura como fator relevante, foi satisfeito uma vez que chegou ao quantitativo de 262.78mg, não ultrapassando o limite máximo de consumo imposto pelo modelo que era de 290±50mg.

A quantidade de sódio foi devidamente atendida e esteve dentro da margem imposta pelo modelo chegando ao quantitativo de 1798.11mg.

As quantidades para as gorduras totais e as saturadas obtidas nos resultados também se mostraram satisfatórios, chegando aos valores de 49.89mg e 26.36mg, respectivamente.

Quanto à presença de alimentos de elevado índice glicêmico que comumente seriam evitados pelos pacientes diabéticos em função dos possíveis picos de glicose na corrente sanguínea, já que os mesmos se encontram em quantidades moderadas na dieta e também não constituem a parte mais expressiva em quantitativo das refeições, não são considerados inadequados no contexto desta dieta especificamente, visto que suas presenças nas refeições não configuraram ultrapassagem dos limites superiores de ingestão diários, e desse modo, não causariam maiores impactos na glicemia do paciente.

Vale ressaltar, que o horário de consumo dos alimentos de alto índice glicêmico deve ser observado com cautela, devendo-se preferir sempre que possível seu consumo após a prática de atividades físicas, por exemplo.

- Estudo de caso 2 – Dieta 2

No segundo estudo de caso (Dieta 2) fez-se a simulação de acordo com as possíveis preferências alimentares de um outro usuário hipotético do presente modelo, portador de DM, no entanto, considerou-se que este indivíduo era do sexo masculino, de altura 1.60m e praticante de atividade física de intensidade leve, o que limitaria sua ingestão diária a 1850Kcal, em média.

Nesta segunda dieta, optou-se por fracionar a alimentação do usuário do modelo em 5 refeições diárias, a fim de atenderas recomendações de diminuição de intervalos entre as principais refeições do portador de DM, fator de relevante importância para controle da glicemia do portador de DM, ressaltando-se que sempre deveriam ser atendidas as necessidades nutricionais mínimas exigidas.

O grupo de alimentos arbitrariamente escolhidos para serem consumidos por este indivíduo está disposto no Quadro 8. Optou-se por constituir esse grupo, em sua maioria, por alimentos não industrializados, a fim de proporcionar uma gama razoável de refeições mais saudáveis, visto que devido às complicações possíveis decorrentes do DM, estas são preferíveis.

Quadro 8 - Grupo de Alimentos 2 (G2)

Vitamina de banana, não adoçada
Castanha de caju
Pão francês
Requeijão
Mamão papaia
Melancia
Goiaba
Iogurte
Peixe frito
Salada de tomate e cebola
Beterraba
Cenoura crua
Abóbora, cozida
Feijão preto
Arroz integral
Água de coco
Suco de maracujá, não adoçado

Fonte: Autora, 2017.

A solução ótima obtida pelo *software* para este grupo de alimentos pode ser observada na Tabela 9. As quantidades em gramas foram transformadas em unidades de medidas caseiras para melhor entendimento e aplicação de consumo pelo usuário/paciente hipotético.

Tabela 9 - Dieta ótima obtida para o G2

Café da manhã	Porções
Mamão papaia	1 unidade pequena
Inhame	1 fatia média
Charque cozido	1 colher de arroz
Vitamina de banana	1 copo médio
Lanche	Porções
Castanha de caju	5 unidades
Melancia	1 fatia média
Almoço	Porções
Peixe frito	2 postas pequenas
Beterraba	3 colheres de sopa
Tomate	4 colheres de sopa
Cebola	3 colheres de sopa
Cenoura crua	2 colheres de sopa
Lanche	Porções
Iogurte, natural	1 unidade
Jantar	Porções
Leite desnatado	1 copo médio
Pão francês	1 1/2 unidade
Requeijão	2 colheres de sopa
Goiaba	1 unidade média

Fonte: Autora, 2017.

As cinco refeições propostas foram atendidas e seus respectivos alimentos divididos em porções para consumo.

Para este segundo grupo de alimentos (G2) as informações nutricionais obtidas foram dispostas na Tabela 10. Observou-se que as quantidades mínimas exigidas para cada nutriente foram atendidas, visto que as quantidades presentes na dieta deste dia específico atendem os parâmetros impostos inicialmente pelo modelo para cada variante estipulado.

A função carboidrato apresentou-se de forma adequada e obteve o resultado numérico de 243.82, onde o valor numérico especificado pelo modelo matemático estaria compreendido na faixa de 200 \pm 50.

Tabela 10 - Informações nutricionais obtidas para dieta ótima do G2

NUTRIENTES	QUANTIDADES		
	MÍNIMA	MÁXIMA	PRESENTE
Calorias	1850±450	-	1967.14
Proteína	28.4±5	-	111.92
Colesterol	-	290±50	217.83
Carboidratos	200 ±50	-	243.82
Fibra	30±5	-	39.69
Cálcio	850±50	-	1486.33
Ferro	18±5	-	52.29
Zinco	15±5	-	12.85
Sódio	-	2000	1781.12
Potássio	3510±500	-	4561.25
Fósforo	700±50	-	1952.51
Magnésio	400±50	-	583.61
Vitamina A	80±5	-	68.72
Vitamina B1	0.98±0.05	-	1.297
Vitamina B2	1.35±0.5	-	1.382
Vitamina C	200±50	-	152.37
Vitamina D	0.15±0.05	-	1.02
Vitamina E	0.1±0.05	-	0.79
Gordura Total	-	400±50	132.32
Gordura Saturada	-	200±50	41.34

Fonte: Autora, 2017.

A dieta ótima definida para o G2, assim como a do G1, foi considerada satisfatória do ponto de vista de consumo mínimo de nutrientes. Esta dieta apresentou uma quantidade de gorduras, totais e saturadas, razoavelmente elevada, porém, não ultrapassou o limite máximo permitido, como é possível observar na Tabela 10.

Os nutrientes sódio e colesterol se mantiveram dentro dos limites de consumo diários impostos pelo modelo, não causando riscos maiores à saúde do portador de DM.

De forma generalista, ao efetuar um simples comparativo entre as duas dietas obtidas é possível destacar algumas considerações relevantes.

O consumo de carboidratos definido para o G2 foi de 243.82g, sendo superior ao consumo do G1. No entanto, esta dieta, quando comparada com a primeira, possui uma quantidade menor de alimentos de alto índice glicêmico, sendo importante considerar que estes alimentos deveriam ter seu consumo evitado no período noturno, para evitar alterações significativas na glicemia do paciente.

Em relação ao colesterol, foi de quantitativo inferior quando comparado ao presente na

dieta ótima do primeiro grupo de alimentos (217.83mg para o G2 e 262.78mg para o G1).

O mineral sódio teve teores inferiores à primeira dieta (1781.12mg para os alimentos do G2 e 1798.11mg para a dieta ótima do G1), embora nas duas soluções ótimas estejam abaixo dos limites superiores especificados, sendo preferível que sempre esteja em menores quantidades na dieta.

- Estudo de caso 3 – Dieta 3

No terceiro estudo de caso (Dieta 3) foi realizada a simulação de acordo com as possíveis preferências alimentares de um usuário hipotético do modelo para portadores de DM, considerando-se que este indivíduo era do sexo masculino, de altura 1.80m e praticante de atividade física de intensidade moderada o que limitaria sua ingestão diária a 2900Kcal, aproximadamente. Optou-se por efetuar o fracionamento de sua alimentação em 6 refeições diárias, de modo que houvesse o atendimento a todas as necessidades nutricionais na maior quantidade de refeições, evitando ao máximo a incidência de hipoglicemia, visto que o paciente em questão ainda pratica atividade física.

O grupo de alimentos arbitrariamente escolhidos para serem consumidos por este indivíduo está disposto no Quadro 9 e seguiram o mesmo viés do G2, a fim de compor as refeições com o máximo possível de alimentos pouco processados e industrializados.

Quadro 9 - Grupo de Alimentos 3 (G3)

Suco de maracujá, não adoçado
Castanha de caju
Ovo cozido
Cuscuz
Manteiga sem sal
Banana prata
Água de coco
Goiaba
Canjica, com leite integral
Ovo frito
Coxa de frango, cozida
Cenoura crua
Pão integral
Fígado bovino
Feijão tropeiro
Arroz, integral
Melão
Laranja pêra
Beterraba
Queijo Coalho

Fonte: Autora, 2017.

A solução ótima obtida pelo *software* GAMS® para este grupo de alimentos pode ser observada na Tabela 11, sendo considerada a dieta ótima resultante das melhores combinações de alimentos associadas às restrições impostas na modelagem matemática inicial.

As quantidades dos alimentos obtidas inicialmente em gramas foram transformadas em unidades de medidas caseiras a fim de proporcionar facilidade de entendimento e consumo pelo usuário/paciente hipotético do modelo.

Tabela 11 - Dieta ótima obtida para o G3

Café da manhã	Porções
Banana prata	1 unidade média
Cuscuz	3 colheres de sopa
Manteiga, sem sal	1 colher de chá
Ovo frito	2 unidades médias
Lanche	Porções
Goiaba	1 unidade média
Água de coco	1 copo médio
Almoço	Porções
Feijão Tropeiro	3 colheres de arroz médias
Fígado bovino	1 bife grande
Arroz integral	2 colheres de arroz
Beterraba	3 colheres de sopa
Cenoura crua	1 colher de sopa
Lanche	Porções
Ovo cozido	2 unidades
Suco de maracujá, não adoçado	1 copo médio
Jantar	Porções
Canjica com leite integral	1 concha média
Pão integral	2 unidades pequenas
Laranja pêra	1 unidade média
Queijo coalho	1 fatia média
Ceia	Porções
Castanha de Caju	7 unidades
Melão	1 fatia média

Fonte: Autora, 2017.

Para o terceiro grupo de alimentos (G3) as informações nutricionais obtidas pelo *software* foram dispostas na Tabela 12.

As quantidades para cada um dos nutrientes quer seja por seu limite máximo ou por seu limite mínimo especificados foram atendidas, estando dentro das especificações do modelo.

As vitaminas e os minerais tiveram seus limites mínimos especificados, atendidos. Assim como o mineral sódio, especificamente, não teve seu limite máximo de consumo ultrapassado nessa dieta.

Tabela 12 - Informações nutricionais obtidas para dieta ótima do G3

NUTRIENTES	QUANTIDADES		
	MÍNIMA	MÁXIMA	PRESENTE
Calorias	2900±700	-	2898.4
Proteína	28.4±5	-	133.98
Colesterol	-	290±50	283.42
Carboidratos	200 ±50	-	284.83
Fibra	30±5	-	38.61
Cálcio	850±50	-	1561.21
Ferro	14±5	-	59.82
Zinco	15±5	-	18.76
Sódio	-	2000	1821.23
Potássio	3510±500	-	4382.73
Fósforo	700±50	-	1266.98
Magnésio	400±50	-	482.74
Vitamina A	75±5	-	82.26
Vitamina B1	0.960±0.05	-	1.433
Vitamina B2	1.32±0.5	-	1.81
Vitamina C	200±50	-	245.79
Vitamina D	0.15±0.05	-	0.865
Vitamina E	0.1±0.05	-	0.623
Gordura Total	-	400±50	282.782
Gordura Saturada	-	200±50	78.41

Fonte: Autora, 2017.

Como é possível observar pelos dados contidos na Tabela 12, a dieta ótima definida para o G3 foi satisfatória do ponto de vista de consumo de nutrientes. As quantidades de gorduras totais e saturadas, presentes na dieta foi ainda superior às dietas 1 e 2, contudo, permaneceram dentro dos limites especificados para o modelo.

Os itens que também devem ser observados com mais cautela, como o sódio e o colesterol se mantiveram dentro dos limites de consumo diários impostos pelo modelo, desse modo, não representando maiores riscos à saúde do paciente diabético.

Com os demais minerais e vitaminas também foi perceptível que sofreram um aumento em seu quantitativo, fato que também pode ser atribuído ao maior número de itens e diversidade de alimentos desta dieta.

De modo geral, é possível afirmar que esta dieta atende uma maior necessidade energética, visto que o usuário/paciente a que a mesma se destina, de fato necessita de um incremento calórico sem abrir mão do atendimento às exigências nutricionais.

O G3 teve seu consumo de carboidratos correspondente a 284.83g, representando o maior quantitativo dentre todas as dietas, fato que pode ser explicado por serem estes os maiores fornecedores de energia e ainda, este indivíduo hipotético ser o que mais necessitaria desse incremento não apenas por manutenção de suas funções fisiológicas regulares como também pela prática moderada de atividade física.

Vale ressaltar que esta dieta possui alguns alimentos de alto índice glicêmico como canjica, cuscuz, pão e banana, por exemplo. No entanto, o consumo desses alimentos, a princípio, não deve representar preocupação visto que podem ser associados a outros alimentos e não impactarem de forma expressiva a glicemia do usuário do modelo.

6 CONCLUSÕES

No decorrer da implementação do modelo matemático tanto quanto em sua finalização, ficou ainda mais evidente a importância do problema original de Otimização de Dietas proposto por Stigler em 1945 para a continuidade do desenvolvimento da Programação Linear, assim como suas possíveis aplicações mais específicas posteriormente.

Foi possível verificar que o modelo matemático implementado, comportou-se da forma idealizada a princípio e os dados utilizados no modelo, provenientes das tabelas da literatura se mostraram coerentes, uma vez que todas as restrições impostas foram satisfeitas, como o consumo mínimo diário exigido de cada nutriente e o máximo também.

Observou-se sua adequação na minimização do consumo de carboidratos como na possível elaboração de dieta com alimentos pré-selecionados de acordo com seus índices glicêmicos, uma vez que se propaga a relevância desse referencial na dieta do portador de DM. É preciso esclarecer que ainda não há um consenso entre os diversos órgãos de saúde do mundo acerca da recomendação de utilização do IG, como estratégia de planejamento alimentar para portadores de DM. É preciso, portanto, continuidade de estudos envolvendo a validação dos seus efeitos tanto na prevenção quanto no tratamento da enfermidade.

O cumprimento das demandas nutricionais dietéticas recomendadas na literatura, no tocante aos consumos diários mínimos e/ou máximos exigidos, se torna mais fácil, uma vez que já se encontram disponíveis na base de dados do modelo elaborado.

Vale salientar que no tocante ao uso das tabelas com informações nutricionais e composições minerais dos alimentos, que mesmo os dados sendo amplamente utilizados pela comunidade científica por serem obtidos através de metodologia analítica válida, os mesmos servem como parâmetro inicial, pois para estudos metabólicos específicos, são necessárias análises diretas exclusivas do alimento a ser estudado.

O modelo matemático desenvolvido mostrou-se útil na análise dos efeitos de variações nos parâmetros empregados.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O Modelo Matemático para Controle de Dieta de Portadores de Diabetes Mellitus pode ser aprimorado com a inclusão de novos alimentos e outros nutrientes a fim de ser uma ferramenta auxiliar para pacientes, especialmente no tocante ao emprego por profissionais da área da saúde que trabalhem diretamente com os mesmos nas esferas médica e nutricional.

Ao analisar a situação nacional referente à alimentação se faz oportuna a aplicação de modelos matemáticos similares e ao mesmo tempo variados visando uma melhoria significativa dos índices de saúde no tocante à obesidade ou mesmo a desnutrição que assola grande parte da população carente, onde as aplicações da otimização combinatória podem vir a ser empregadas na elaboração de dietas atendendo especificidades locais ou regionais e até mesmo preferências alimentares específicas dos indivíduos, sendo atendidas as necessidades nutricionais diárias e a minimização dos custos envolvidos, por exemplo, em unidade de saúde e unidades de reabilitação pública, obedecendo suas demandas particulares.

A estrutura desenvolvida permite a adaptação do modelo a outros tipos de dietas, podendo ser utilizado para fim individual ou coletivo de um grupo de pessoas em situação semelhante, além de ser útil no desenvolvimento de outros estudos na área de Pesquisa Operacional aplicada à nutrição humana. Entretanto, são necessárias adequações às particularidades de cada finalidade. Dessa forma, o modelo proposto pode ser útil para elaboração de ferramentas para a avaliação de outros parâmetros.

Um modelo de dieta válido em que sejam empregados dados confiáveis de composição nutricional é de inestimável valor no tocante para pesquisas na área de saúde pública, formulações de dietas terapêuticas, planejamentos alimentares diversos e, sobretudo, para decisões estratégicas para políticas governamentais alimentares.

REFERÊNCIAS

Acidente Vascular Cerebral. Disponível em: <http://www.sbdev.org.br/publica_avc.asp>. Acesso em: Julho de 2017.

ALBERTI, K.G.M.M; ZIMMET, P.Z. World Health Organization Consultation. **Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications.** Part 1: diagnosis and classification of diabetes mellitus. Report of a WHO Consultation. Geneva: WHO, 1999.

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. **Diabetes Care.** 2009; 32: S62-S67.

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Implications of the United Kingdom Prospective Diabetes Study. **Diabetes Care,** Orlando, USA, v. 27, p. 28-32, 2004. Suplemento 1.

_____. Management of dyslipidemia in adults with diabetes. **Diabetes Care,** Orlando, USA, v.26, p 83-4, 2003. Suplemento 1.

ANDERSON J. W. et al. **Health benefits of dietary fibers.** Nutrition Reviews, v. 67, n. 4, p. 188-205, 2009.

Arquivo Brasileiro de Cardiologia. **Classificação do Diabete Melito.** UFRGS, Porto Alegre – RS, Brasil. 2010.

BALASUBRAMANYAM, A. et al. **Accuracy and predictive value of classification schemes for ketosis-prone diabetes.** Diabetes Care. 2006; 29: 2575-9.

BARRETO, S. A. J.; CYRILLO, D. C., 2001. **Análise da composição dos gastos com alimentação no Município de São Paulo (Brasil) na década de 1990.** Revista de Saúde Pública, 35:52-59.

BARZILAV, J.I.; SPIEKERMAN, C.F.; WAHL, P. **Cardiovascular disease in older adults with glucose disorders:** comparisons of American Diabetes Association of diabetes mellitus with WHO criteria. Lancet 1999;354:622-5.

BOUSKELA, E. et al. **A microcirculação no diabetes: implicações nas complicações crônicas e tratamento da doença.** Arq. Brasil. End. e Metab. São Paulo, 2007.

BOURN, D. et al., 1994. **Impaired glucose tolerance and NIDDM:** Does a lifestyle intervention program have an effect. Diabetes Care, 17:1311-1319.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Abordagem Nutricional em Diabetes Mellitus.** Brasília, DF, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Excesso de Peso na População Brasileira Segundo Faixa Etária e Anos de Estudo.** Brasília, DF, 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Fatores de Risco e Rastreamento para DMG.** Brasília, DF, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Hipertensão Arterial na População Brasileira Segundo Faixa Etária e Anos de Estudo**. Brasília, DF, 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Prevalência da Obesidade na População Brasileira em Percentagem**. Brasília, DF, 2016.

BROOKE, A.W.D. et al. **GAMS: A Users Guide**. GAMS Development Corporation, Washington, DC, USA, 2008.

BURNET, D.L.; COOPER, A.J.; DRUM, M.L. **Risk factor for mortality in a diverse cohort of patients with childhood-onset diabetes in Chicago**. *Diabetes Care*, 2007.

CAFAIA, J.S. et al. **Atenção integral ao portador de pé diabético**. *J. vasc. bras.* vol.10 no.4 supl.2, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1677-54492011000600001>>. Acesso em: Maio de 2017.

CAMPAGNOLO, Nicole, et al. **Aspectos clínicos e moleculares do Maturity Onset Diabetes of the Young (MODY)**. *Revista do Hospital de Clínicas de Porto Alegre*. Porto Alegre, 2005; 24: 51-9.

CARNEIRO, M.L.C.; ANDRADE, S.J.L., 2017. **Elaboração de Modelo Matemático para Implementação no Software Gams com Intuito de Otimizar Dietas para Diabéticos**. CORREQ, Maceió, 2017.

CAVALCANTI, Maria Lúcia Ferrari. **Fibras alimentares: propriedades e classificação**. *Fibras news*. São Paulo, dez 1990. p. 7-8.

CERQUEIRA, M.D. et al. **Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart: a statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association**. *Circulation*. 2002; 105: 539-42.

CHARLES, W. et al. **Segredos em nutrição**. ARTMED. PORTO ALEGRE . 2000.

Consumo diário de calorias (necessidades energéticas em função do sexo, altura e atividade física). Disponível em: <http://bemstar.globo.com/index.php?modulo=tab_nutri&id_tipo=200>. Acesso em: julho de 2017.

COPPACK, S.W.; WATKINS, P.J. **The natural history of diabetic femoral neuropathy**. *QJ Med*, 79: 307- 313, 1991.

CRACCO, G.C.B. **Contagem de carboidratos: uma proposta de cartilha com preparações regionais do centro-oeste**. Brasília, 2015.

CRYER, P.E. **The prevention and correction of hypoglycemia**. *The Endocrine Pancreas and Regulation of Metabolism*, vol II, *The Endocrine System*. *Handbook of Physiology*, 2001. New York: Oxford University Press 1057-1092.

CZYZYK, J.; WISNIEWSKI, T. & WRIGHT, S.J. (1999). **Optimization Case Studies in NEOS Guide**. *SIAM Review*, 41(1), 148-163.

DANTZIG, G.B. **The Diet Problem**. Interfaces, 1990.

DAVIDSON, M.B. **Complicações do diabete mellitus, implicações para os cuidados primários**. Diabete mellitus: diagnóstico e tratamento. 4ª ed. Rio de Janeiro (RJ): Revinter; 2001.

DCCT Research Group. **The effect of intensive treatment of diabetes on the development and progression of long-term complications in insulin-dependent diabetes mellitus**. The New England Journal of Medicine. 1993;329:977-86.

DISLIPIDEMIA. Disponível em: <<http://www.fpcardiologia.pt/saude-do-coracao/factores-de-risco/dislipidemia/>>. Acesso em: Agosto de 2017.

DORMANDY, J.A.; RUTHERFORD, R.B. **Management of PAD**. TASC Working Group. TransAtlantic Inter-Society Consensus. J. Vasc. Surg. 2000;31:S1-296.

EDELSTEIN, S.L., et al. **Predictors of progression from impaired glucose tolerance to NIDDM**: an analysis of six prospective studies. Diabetes 1997;46:701-10.

FERREIRA, A., PINHO, L. **O Problema da Dieta**. Universidade de Coimbra, 2012.

Foods Ingredients Brasil. **Dossiê Fibras Alimentares**. Revista FI, n 03, 2008.

FONTOURA, A. P.F.C., et al. **Crianças e adolescentes com diabetes mellitus e o enfrentamento da família: relato de experiência**. 12ª Mostra de Produção Universitária, Rio Grande do Sul, 2014.

FOSS, M.C. et al. **Diabetic ketoacidosis and hyperosmolar hyperglycemic state**. Medicina, Ribeirão Preto, 36: 389-393, apr./dec. 2003.

FRANCO, G. (2003). **Tabela de Composição Química dos Alimentos**. 9ª. ed., Editora Atheneu, São Paulo.

GOLDSTEIN, J.E.; COGAN, D.G. **Diabetic ophthalmoplegia with special reference to the pupil**. Arch Ophthalmol, 64: 592-600, 1960.

GROSS, J.L. et al. **Diabetic nephropathy**: diagnosis, prevention, and treatment. Diabetes Care. 2005; 28: 164-76.

GROSS, J.L. et al. **Diabetes melito**: diagnóstico, classificação e avaliação do controle glicêmico. Arq. Brasileira de Endocrinologia e Metabologia. 2002; 46: 16-26.

GRUBER, W; LANDER, T; LEESE, B. The economics of diabetes and diabetes care. **A report of the diabetes health economics study group Bruxelas (BEL)**: International Diabetes Federation World Health Organization; 1997.

GUIDONI, C.M. et al., **Assistência ao diabetes no Sistema Único de Saúde: análise do modelo atual.** São Paulo, 2009.

GURGEL, A. C. **Introdução ao Mipsge e Gams**, 2010. Disponível em: <<http://www.ufv.com.br/>>. Acesso em: Outubro de 2016.

HENRY, O.A.; BEISCHER, N. **Long-term implications of gestational diabetes for the mother.** Bailliere's Clinical Obstetrics and Gynaecology. 1991;5:461.

HOLSTEIN, P. et al. **Decreasing incidence of major amputations in people with diabetes.** Diabetologia. 2000;43(7):844-7. 38.

Human Energy requirements. Report of a joint FAO/WHO/UNU. Rome: Expert Consultation, 2014.

ILSI (International Life Sciences Institute Brasil). **Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes. Ácido Ascórbico (Vitamina C).** USP. São Paulo, 2012.

Institute of Medicine – Food and Nutrition Board (2001). DRI – Diet Reference Intakes. National Academy Press, Washington, D.C.

International Table of Glycemic Index and Glycemic Load. The American Journal of Clinical Nutrition (Adaptado). Disponível em: <<http://ajcn.nutrition.org>>. Acesso em: Agosto de 2017.

JARVELA, I.Y. et al. **Gestational identifies women at risk for permanent type 1 and type 2 diabetes in fertile age:** Predictive role of autoantibodies. Diabetes Care. 2006;29:607.

Katz, V. J., **História da Matemática.** Edição da Fundação Calouste Gulbenkian. 2010.

KIBIRIGE, M. et al. **Testing the accelerator hypothesis:** the relationship between body mass and age at diagnosis of type 1 diabetes. Diabetes Care, 2003.

KIM, C.; NEWTON, K.M.; KNOOP, R.H. **Gestational diabetes and the incidence of type 2 diabetes.** Diabetes Care. 2002; 25:1862.

KIMBERLIN, DW, et al. **Redbook: report of the committee on infectious diseases.** 30th ed. IL: American Academy of Pediatrics; 2015.

KOTZ, J.C.; TREICHEL Jr., P. **Química e reações químicas.** 4ª ed. Trad. J.A.P. Bonapace e O.E. Barcia. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2002.

KULLER, L.H. National Diabetes Data Group. **Stroke and diabetes.** In: Diabetes in America. Bethesda: National Institutes of Health/National Institute of Diabetes/Digestive and Kidney Diseases, 1995. p. 449-56.

LAGUNA, L.S.; SEGURA, O.S. **Comportamiento clínico-epidemiológico de la diabetes mellitus en el municipio Jobabo.** Corr Med CientHolg. 2005; 9(1):11-6.

- LANCASTER, L.M. **The history of the application of mathematical programming to menu planning.** European Journal of Operational Research, **57**, 339-347, 1992.
- MALDONADO, M. et al. **Ketosis-prone diabetes: dissection of a heterogeneous syndrome using an immunogenetic and β -cell functional classification:prospective analysis and clinical outcomes.** Journal of Clinical and EndocrinologicMetabol.2003; 88: 5090-8.
- LOTTENBERG, S. A. et al.**Síndrome metabólica: identificando fatores de risco.** Porto Alegre, 2007.
- MALERBI, D. A.; FRANCO, L. J., 1992.**Multicenter study of the prevalence of diabetes mellitus and impaired glucose tolerance in the urban Brazilian population aged 30-69 Yr.** Diabetes Care, 15:1509- 1516.
- MANNA, T. D. 2007. **Nem toda criança diabética é Tipo 1.** Jornal de Pediatria. RJ. 2007.
- MCLELLAN, K.C.P. et al. 2007. **Diabetes mellitus do tipo 2, síndrome metabólica e modificação no estilo de vida.**Rev. Nutri. Vol.20. Campinas-SP, 2007.
- MONTEIRO, C. A.; CONDE, W. L.; POPKIN, B. M., 2001. **Independent effects of income and education on the risk of obesity in Brazilian adult population.**Journal of Nutrition, 2003.131: 881-886.
- MONTEIRO, C. A.; DE SOUZA, A. L. POPKIN, B. M., 1995. **The nutrition transition in Brazil.** European Journal of Clinical Nutrition, 49:105-113.
- MONTEIRO, C. A.; MONDINI, L.;COSTA, R. L., 2000a. **Mudanças na composição e adequação nutricional da dieta familiar nas áreas metropolitanas do Brasil (1988-1996).** Revista de Saúde Pública, 34:251-258.
- MONTEIRO, C. A.; POPKIN, B. M., 2000b.**Shifting obesity trends in Brazil.**European Journal of Clinical Nutrition, 54:342-346.
- OLIVIERI, B. P. **Otimização do Projeto de Pontes Protendidas Pré-Moldadas pelo Método dos Algoritmos Genéticos, 2004.** 129 p. Dissertação Mestrado - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004.
- OPPERMANN, M.L.R; REICHEL, A.J.; SCHMIDT, M.I. **Diabetes e gestação.** In: Duncan BB, Schmidt MI, Giugliani ERJ (eds.). Medicina ambulatorial: condutas de atenção primária baseadas em evidências. 3. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 2004; p. 376-82.
- PAN, X. R. et al., 1997. **Effect of diet and exercise in preventing NIDDM in people with impaired glucose tolerance.** Diabetes Care, 20:537-544.
- PAPANAS, Nikolaos; MALTEZOS, Efstrations; EDMONDS, M.**The diabetic foot: a plea for the elementary.** Acta Diabetol. 2006;43(4):152-3.
- PEREIRA, MG; TAVARES, E. **Epidemiologia: teoria e prática.** Rio de Janeiro (RJ): Guanabara Koogan; 1995.

PINHEIRO, A.B.V. et al. **Tabela para avaliação de consumo alimentar em medidas caseiras**. 4.ed. São Paulo: Atheneu; 2002.

POPKIN, B. M., 1999. **Urbanization, lifestyle changes and the nutrition transition**. World Development, 27:1905-1916.

Ramalhete, M., J. Guerreiro e A. Magalhães (1984). **Programação Linear**. Volume I. Editora McGraw-Hill de Portugal, Lda.

REINEHR, Thomas, et al. DPV-Wiss Study Group. **Beta-cell autoantibodies in children with type 2 diabetes mellitus: subgroup or misclassification**. Arch Dis Child. 2006; 91: 473-7.

Report of the Expert Committee on the Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. Diabetes Care. 1997; 20: 1183-97.

ROBERTO, T.S. et al. **Aplicações Clínicas das Vitaminas do Complexo B**. São Paulo-SP. 2014.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de Experimentos e Otimização de Processos**. 2. ed. Campinas, SP: Editora Casa do Pão, 2007. 325 p.

RUSSEL, J.B. **Química Geral**. Trad. M. Guekezian et al. São Paulo: Makron Books, 1994. v. 1

SACKS, D.A. et al. **Frequency of gestational diabetes mellitus at collaborating centers based on IADPSG consensus panel-recommended criteria: the Hyperglycemia and Adverse Pregnancy Outcome (HAPO) Study**. Diabetes Care. 2012 Mar;35(3):526-8.

SANTOS, M.; QUINTAL, R.S. **PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO LINEAR DA DIETA APLICADO À NUTRIÇÃO DE SUÍNOS**, Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, Maringá (PR). Rev. Agro. Amb., v.9, n.2, p. 251-271, abr./jun. 2016 - ISSN 1981-9951 - e-ISSN 2176-9168.

SCHIERI, R., et al., **Recomendações de Alimentação e Nutrição Saudável para a População Brasileira**. São Paulo, 2000.

SCHMIDT, M.I., et al. **Gestational diabetes mellitus diagnosed with a 2-h 75-g oral glucose tolerance test and adverse pregnancy outcomes**. Diabetes Care. 2001 Jul;24(7):1151-5.

SIQUEIRA, A. F. A., et al. **Doença cardiovascular no diabetes mellitus: análise dos fatores de risco clássicos e não-clássicos**. Arq. Bras. Endocrinol. e Metabol. São Paulo, 2007.

SKYLER, J.S. et al. Position Statement. **Intensive glycemic control and the prevention of cardiovascular events: implications of the ACCORD, ADVANCE, and VA Diabetes Trials: a position statement of the American Diabetes Association and a Scientific statement of the American College of Cardiology; Foundation and the American Heart Association**. Diabetes Care. 2009; 32: 187-92.

Sociedade Brasileira de Diabetes. **DIRETRIZES SBD| 2015-2016**. Disponível em: <<http://www.cookie.com.br/site/wp-content/uploads/2016/04/Diretrizes-SBD-2015-2016.pdf>> Acesso em: junho de 2017.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES - SBD. **Métodos para avaliação do controle glicêmico**. Diretrizes SBD, 2014-2015.

SODRÉ, Ulysses. **Modelos Matemáticos**. Disponível em: <<http://www.uel.br/projetos/matessencial/superior/pdfs/modelos.pdf>> 2007. Acesso em: Agosto de 2016.

STIGLER, G. **The Cost of Subsistence**. Journal of Farm Economics.(suppl. 1):S67-74 1945.

STRATTON, I.M. et al. On Behalf of the UK Prospective Diabetes Study Group. **Association of glycaemia with macrovascular and microvascular complications of type 2 diabetes (UKPDS 35): prospective observational study**. BMJ, 2000.

Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TBCA USP 5.0. São Paulo. Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental da Faculdade de Ciências Farmacêuticas – USP e BRASILFOODS (Rede Brasileira de Dados de Composição de Alimentos). 1998. Atualizada em agosto de 2008. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/tabela/>>. Acesso em: Agosto de 2016.

Tabelas de Composição de Alimentos. Disponível em: <<http://abran.org.br/para-o-publico/tabelas/>>. Acesso em: Agosto de 2017.

TAVARES, Darlene Mara dos Santos; MS, RODRIGUES, Rosalina Aparecida Portazani. **Educação conscientizadora do idoso diabético: uma proposta de intervenção do enfermeiro**. Revista da Escola de Enfermagem-USP, 2002;36(1):88-96.

UK Prospective Diabetes Study (UKPDS) Group. **Intensive blood glucose control with sulphonylureas or insulin compared with conventional treatment and the risk of complications in patients with type 2 diabetes (UKPDS 33)**. Lancet. 1998; 352:837-53.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B.A. **Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition**. Journal of Dairy Science. V.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

VINIK, A.I. et al. **Diabetic neuropathies**. Diabetes Care, 15: 1926- 1975, 1992.

WEITZ, J.I. et al. **Diagnosis and treatment of chronic arterial insufficiency of the lower extremities: a critical review**. Circulation 1996;94:3026-49.

WING, R. R. et al., 1998. **Lifestyle intervention in overweight individual with a family history of diabetes**. Diabetes Care, 21:350-359.

Winston, W. L. e M. Venkataramanan (2003), **Introduction to Mathematical Programming**. Brooks/Cole –Thomson Learning (Fourth Edition).

World Health Organization. **Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications:** report of a WHO consultation. Geneva: World Health Organization, 1999.

Zinco. Disponível em: <<http://www.diabetesevoce.com.br/blog/zinco-a-importancia-deste-mineral-na-diabetes/>>. Acesso em: Agosto de 2017.

ZOCHODNE, D.W. **Diabetemellitus and the peripheral nervous system:** manifestations and mechanisms. *Muscle Nerve*. 2007; 36:144-66

APÊNDICE A - International Table of Glycemic Index and Glycemic Load Values

ITEM	GI ² (Glucose = 100)	GI ² (Bread = 100)	Reference food and time period	Serving size (g)	Available Carbohydrat (g/serving)	GI ³ (per/serving)
Banana Cake (with sugar)	47 ± 8	67	White bread, 2 h	80	38	18
Banana Cake (without sugar)	55 ± 10	79	White bread, 2 h	80	29	16
Coca Cola, soft drink (Atlanta, GA, USA)	63	90	White bread, 2 h	250 mL	26	14
Fanta, orange soft drink	68 ± 6	97	White bread, 2 h	250 mL	34	23
Yakult, fermented milk drink	46 ± 6	66	White bread, 2 h	65 mL	12	6
Gatorade	78 ± 13	111	White bread, 2 h	250 mL	15	12
Cornflakes (Kellogg's)	77	110	Glucose, 2h	30	25	20
White Rice (Oryza sativa, boiled (India)	69 ± 15	99	Glucose, 3h	150	43	30
Rice, Long grain, parboiled 10 min cooking	68 ± 6	97	Glucose, 2h	150	37	25
Rice, Long grain, parboiled, 20 min cooking	75 ± 7	107	Glucose, 2h	150	37	28
Rice, Long grain, white, precooked, microwaved 2 min	52 ± 5	74	Glucose, 2h	150	37	19
Cream Cracker (LU Triunfo, Brazil)	65 ± 11	93	Glucose, 2h	25	17	11
Grapes, NS (Italy)	70 ± 3	76	White bread, 3 h	120	19	9
Mango, ripe (Mangifera indica) (India)	60 ± 16	86	Glucose, 3h	120	15	9
Oranges, NS (Canada)	40 ± 3	57	Glucose, 2h	120	11	4
Orange Juice (Canada)	46 ± 6	66	Glucose, 2h	250 mL	26	12
White bread with butter (Canada)	59	84 ± 10	White bread, 3 h	100	48	29
Popcorn, plain, cooked in microwave	55 ± 7	79	White bread, 2 h	20	11	6
Potato crisps, plain, salted (Canada)	51 ± 7	73	Glucose, 2h	50	24	12
Honey, NS (Canada)	87 ± 8	124	Glucose, 2h	25	21	18
50 g sucrose (Redpath Sugars, Toronto, Canada)	58	83 ± 15	White bread, 2 h	10	10	7
Carrots, NS (Canada)	92 ± 20	131	Glucose, 2h	80	6	5
Tapioca (Manihot utilissima)	70 ± 10	100	Glucose, 3h	250	18	12
Cookie Gran'Dia Banana, Oats and Honey (LU, Brazil)	28 ± 5	40	Glucose, 2h	30	23	6

Fonte: Autora. Adaptado de The American Journal of Clinical Nutrition, 2012.

**APÊNDICE B – Banco de dados com quantidades de Calorias, Carboidratos, Proteínas,
Fibras e Gorduras de alimentos utilizados no Modelo**

Alimento	Calorias (Kcal)	Carboidratos (g)	Proteínas (g)	Fibras (g)	Gorduras (g)	
					Totais	Saturadas
Abóbora cozida	48	10,8	1,4	2,5	0,07	0,037
Água de coco	22	5,3	-	0,1	-	-
Alface	9	1,7	0,6	1	0,22	0,029
Arroz branco tipo 1	128	28,1	2,5	1,6	0,21	0,057
Arroz integral	124	25,8	2,6	2,7	0,83	0,165
Aveia em flocos crua	394	66,6	13,9	9,1	8,5	2,1
Banana prata	39,6	9,12	0,52	0,8	0,12	-
Batata doce	77	18,4	0,6	2,2	0,15	0,034
Beterraba	49	11,1	1,9	3,4	0,17	0,027
Bisteca suína grelhada	266	2,3	32,35	-	14,18	25,79
Bolo de milho	311	45,1	4,8	0,7	12,4	8,4
Camarão cozido	90	-	19	-	1,7	0,521
Camarão frito	231	2,9	18,4	-	12,28	2,087
Canjica, com leite integral	112	23,6	2,4	1,2	7,2	3,4
Carne de sol grelhada	312	9,2	36,2	1,4	58,6	15,2
Carne moída	288,24	-	23,53	-	20,77	7,72
Castanha de caju	570	9,1	18,5	3,7	40,5	23,4
Cebola	39	8,9	1,7	2,2	0,1	0,042
Cenoura crua	4,08	0,92	0,16	0,38	0,02	-
Charque cozido	263	-	36,4	-	1,94	0,95
Coentro	-	-	20,9	37,3	10,4	6,2
Coxa de frango cozida	167	-	26,9	-	13,39	3,74
Cuscuz	113	25,3	2,2	2,1	1,75	0,22
Farinha de mandioca torrada	43,8	10,7	0,14	0,78	0,04	0,01
Feijão carioca	76	13,6	4,8	8,5	5,15	1,948
Feijão preto	77	14	4,5	8,4	0,9	0,232
Feijão tropeiro	152	19,6	10,2	3,6	1,6	0,605
Fígado	225	4,2	29,9	-	9	3
Goiaba	81,5	22,1	1,87	10,54	0,68	0,17
Inhame	120	28,2	1,7	2,4	0,1	0,08
Iogurte natural	51	1,9	4,1	-	3,5	1,113
Lagarto	222	-	32,9	-	70,33	28,5
Laranja pêra	37	16,02	1,8	1,44	0,18	-
Leite desnatado	60	9	6	-	0,77	0,499
Leite integral	114	9	6	-	3,25	1,865
Macarrão	120	22,5	4,9	0,8	0,9	0,2
Mamão papaia	40	10,4	0,5	1	0,17	0,042
Maminha grelhada	153	-	30,7	-	3,84	1,65
Macaxeira cozida	125	30,1	0,6	1,6	0,28	0,074
Manteiga sem sal	758	-	0,4	-	81,11	51,368
Melancia	33	8,1	0,9	0,1	0,15	0,016
Melão	29	7,5	0,7	0,3	0,14	0,038
Ovo cozido	146	0,6	13,3	-	10,61	3,27
Ovo frito	240	1,2	15,6	-	14,84	4,32
Pão de forma integral	253	13	0,4	6,9	2,6	0,391
Pão francês	300	25,33	22,6	2,3	1,83	0,497
Peito de frango grelhado	156	-	32	-	3,57	0,86
Peixe à milanesa	283	5	21,4	-	13,33	3,28
Peixe cozido	142	5	11,8	0,8	25,1	7,15
Peixe frito	154	-	28,6	-	12,29	2,82
Presunto light	94	2,1	14,3	-	3,25	2,096
Purê de batata	108,48	15,95	1,94	0,98	4,2	0,972
Queijo coalho	301	1,86	24,86	-	21,62	16,03
Queijo mussarela	330	3	22,6	-	22,35	13,152
Requeijão	257	2,4	9,6	-	4,3	1,718
Suco de laranja não adoçado	33	7,6	-	-	0,1	-
Suco de maracujá não adoçado	42	9,6	0,8	0,4	0,2	-
Tapioca com manteiga	348	63,1	0,2	-	3,2	1,7
Tomate	15	3,1	1,1	1,2	0,2	0,028
Vitamina de banana não adoçada	381	81,6	8,9	5	2,1	1,3

Fonte: Autora, 2017.

**APÊNDICE C – Banco de dados com quantidades em miligramas de minerais de alimentos
utilizados no Modelo**

Alimento	Ca	Fe	Zn	Na	K	P	Mg
Abóbora cozida	8	0,3	0,23	1	230	30	9
Água de coco	19	-	-	2	162	4	5
Alface	14	0,3	0,2	5	238	33	13
Arroz branco, tipo 1	4	0,1	0,42	0	29	37	13
Arroz integral	5	0,3	0,62	1	79	77	44
Aveia, flocos, crua	48	4,4	2,6	5	336	41	119
Banana prata	8	0,4	0,1	-	358	22	26
Batata doce	17	0,2	0,32	36	475	54	27
Beterraba	18	0,3	0,35	78	325	40	23
Bisteca suína, grelhada	4	1,9	1,24	63	404	290	6
Bolo de milho	83	0,7	0,4	134	118	128	10
Camarão cozido	90	1,3	1,63	947	170	306	37
Camarão frito	960	2,4	1,38	344	225	218	40
Canjica, com leite integral	43	0,1	0,4	28	10	41	6
Carne de sol grelhada	6	2,8	1,98	1100	223	123	17
Carne moída	10,6	2,47	3,21	73	362	226	24
Castanha de caju	33	5,2	4,7	125	671	594	237
Cebola	14	0,2	0,17	4	146	29	10
Cenoura crua	23	0,2	0,2	3	315	28	11
Charque cozido	15	3,5	4,93	2790	235	181	19
Coentro	784	81,4	4,7	18	323	388	393
Coxa de frango, cozida	12	0,8	1,45	73	211	179	20
Cuscuz	2	0,2	0,66	7	142	99	32
Farinha de mandioca, torrada	76	1,2	0,4	10	328	39	40
Feijão carioca	27	1,3	0,73	422	358	109	43
Feijão preto	29	1,5	2,2	9	1500	440	160
Feijão tropeiro	41	2,2	1,04	350	178	96	43
Fígado	6	5,8	4	82	309	420	10
Goiaba	4	-	-	-	149	14	7
Inhame	17	0,2	0,28	17	201	19	18
Iogurte natural	143	-	0,59	46	155	95	12
Lagarto	4	1,9	1,24	23	99	64	6
Laranja pêra	22	-	0,1	-	163	23	8
Leite desnatado	134	-	4,08	535	1794	968	110
Leite integral	123	-	0,37	43	132	84	10
Macarrão	11	1,4	0,8	9	84	54	10
Mamão papaia	22	0,2	0,07	6	223	12	9
Maminha, grelhada	4	2,4	3,98	1438	429	168	19
Mandioca cozida	19	0,1	0,34	14	271	27	21
Manteiga sem sal	4	-	0,09	11	24	24	2
Melancia	8	0,2	0,1	1	112	11	10
Melão	3	0,2	0,09	18	228	11	10
Ovo cozido	49	1,5	1,05	124	126	172	10
Ovo frito	73	2,1	1,39	207	152	215	13
Pão de forma, integral	132	3	0,59	336	111	96	17
Pão francês	16	1	0,93	513	128	114	28
Peito de frango, grelhado	5	0,3	0,87	328	284	246	25
Peixe à milanesa	26	0,9	0,86	280	340	216	27
Peixe cozido	20	1,5	1,1	4450	520	254	60
Peixe frito	10	0,3	0,44	532	320	171	24
Presunto light	23	0,8	1,57	1314	462	261	18
Purê de batata	-	-	0,3	333	326	48	19
Queijo coalho	1004	0,3	4,77	412	203,68	288	24
Queijo mussarela	875	0,3	2,92	627	76	354	20
Requeijão	259	0,1	0,4	364	104	159	8
Suco de laranja, não adoçado	7	0,1	-	-	129	14	8
Suco de maracujá, não adoçado	4	0,3	0,1	22	201	14	4
Tapioca com manteiga	30	0,2	-	158	19	8	30
Tomate	7	0,2	0,17	5	237	24	11
Vitamina de banana, não adoçada	584	12,6	2	163	244	515	72

Fonte: Autora, 2017.

**APÊNDICE D – Banco de dados com quantidades de vitaminas de alimentos utilizados
no Modelo**

Alimento	A(µg)	B1(mg)	B2(mg)	C(mg)	D (µg)	E (mg)
Abóbora cozida	-	0,08	-	7,5	-	0,8
Água de coco	-	-	-	-	-	-
Alface	-	0,03	-	11	-	0,18
Arroz branco, tipo 1	-	-	-	-	-	-
Arroz integral	-	0,08	-	-	-	-
Aveia, flocos, crua	-	0,55	0,03	1,4	-	-
Banana prata	-	-	0,02	21,6	-	0,5
Batata doce	-	0,08	-	23,8	-	0,71
Beterraba	-	0,04	-	3,1	-	0,04
Bisteca suína, grelhada	2	0,34	-	-	0,6	-
Bolo de milho	-	0,11	0,05	-	0,2	-
Camarão cozido	-	-	-	-	0,1	2,2
Camarão frito	-	0,05	-	-	0,1	1,3
Canjica, com leite integral	-	-	0,04	-	0,6	-
Carne de sol grelhada	-	-	0,06	-	0,2	-
Carne moída	-	-	-	-	0,5	0,21
Castanha de caju	-	0,29	0,05	-	-	-
Cebola	-	0,04	-	4,7	-	0,02
Cenoura crua	3800	-	0,05	5,1	-	1,18
Charque cozido	-	0,05	0,07	-	-	0,38
Coentro	-	0,12	0,05	-	-	-
Coxa de frango, cozida	-	0,07	-	-	-	-
Cuscuz	-	-	-	-	-	0,12
Farinha de mandioca, torrada	-	-	-	-	0,1	-
Feijão carioca	-	0,04	-	-	-	-
Feijão preto	-	0,06	-	0,03	-	0,21
Feijão tropeiro	9	-	-	-	-	-
Fígado	1457	0,21	2,69	-	-	-
Goiaba	-	-	-	80,6	-	0,67
Inhame	-	0,09	-	12,4	-	0,2
Iogurte natural	23	0,04	0,22	0,9	0,1	0,06
Lagarto	3	-	-	-	0,4	-
Laranja pêra	50	0,07	0,02	53,7	-	0,98
Leite desnatado	-	0,04	0,26	-	-	-
Leite integral	21	0,04	0,24	-	1,3	0,07
Macarrão	-	-	0,04	-	-	-
Mamão papaia	-	0,03	0,04	82,2	-	0,04
Maminha, grelhada	-	-	0,04	-	0,1	-
Mandioca cozida	-	0,06	-	11,1	-	0,19
Manteiga sem sal	1013	-	-	-	1,5	2,32
Melancia	-	-	-	6,1	-	0,05
Melão	-	-	-	8,7	-	0,02
Ovo cozido	32	0,08	0,3	-	2,2	1,03
Ovo frito	94	0,06	0,52	-	2,2	1,31
Pão de forma, integral	-	0,08	0,04	-	-	-
Pão francês	3	0,39	0,67	-	-	0,18
Peito de frango, grelhado	-	0,11	-	-	-	0,32
Peixe à milanesa	18	-	0,03	-	-	-
Peixe cozido	19	-	0,03	6,9	25,2	2,38
Peixe frito	4	0,14	-	-	-	-
Presunto light	-	0,5	0,03	-	0,7	0,29
Purê de batata	-	-	-	-	0,2	0,42
Queijo coalho	114	-	0,5	-	0,7	0,22
Queijo mussarela	109	-	0,2	-	0,4	0,19
Requeijão	195	-	0,19	-	0,1	0,08
Suco de laranja, não adoçado	-	-	-	73,3	-	-
Suco de maracujá, não adoçado	-	-	0,08	-	-	-
Tapioca com manteiga	-	-	-	-	-	-
Tomate	-	0,12	-	21,2	-	0,54
Vitamina de banana, não adoçada	-	0,76	0,88	-	-	-

Fonte: Autora, 2017.

**APÊNDICE E – Banco de dados com quantidade de colesterol e IG de alimentos
utilizados no Modelo**

Alimento	Colesterol (mg)	IG
Abóbora cozida	-	75
Água de coco	-	-
Alface	-	10
Arroz branco, tipo 1	-	72
Arroz integral	-	79
Aveia, flocos, crua	-	86
Banana prata	-	87
Batata doce	-	44
Beterraba	-	64
Bisteca suína, grelhada	121	-
Bolo de milho	-	98
Camarão cozido	241	-
Camarão frito	283	-
Canjica, com leite integral	-	92
Carne de sol, grelhada	100	-
Carne moída	89,41	-
Castanha de caju	-	-
Cebola	-	10
Cenoura crua	-	93
Charque cozido	113	-
Coentro	-	-
Coxa de frango, cozida	133	-
Cuscuz	-	65
Farinha de mandioca, torrada	-	93
Feijão carioca	-	47
Feijão preto	-	64
Feijão tropeiro	68	78
Fígado	81	-
Goiaba	-	79
Inhame	-	72
Iogurte natural	14	33
Lagarto	56	-
Laranja pêra	-	51
Leite desnatado	4	34
Leite integral	10	31
Macarrão	7	64
Mamão papaia	-	56
Maminha, grelhada	88	-
Mandioca cozida	-	73
Manteiga sem sal	214	67
Melancia	-	72
Melão	-	65
Ovo cozido	397	-
Ovo frito	516	-
Pão de forma, integral	-	69
Pão francês	-	95
Peito de frango, grelhado	89	-
Peixe à milanesa	73	-
Peixe cozido	43	-
Peixe frito	81	-
Presunto light	38	-
Purê de batata	-	86
Queijo coalho	87	-
Queijo mussarela	80	-
Requeijão	74	-
Suco de laranja, não adoçado	-	74
Suco de maracujá, não adoçado	-	30
Tapioca com manteiga	-	115
Tomate	-	10
Vitamina de banana, não adoçada	-	67

Fonte: Autora, 2017.