

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

DANIEL BORGES FERREIRA DA SILVA

**A RECOMENDAÇÃO PEDAGÓGICA EM TEMPO REAL BASEADA NA ATENÇÃO  
DOS ESTUDANTES UTILIZANDO COMPUTAÇÃO AFETIVA**

Maceió-AL

Outubro de 2017

DANIEL BORGES FERREIRA DA SILVA

**A RECOMENDAÇÃO PEDAGÓGICA EM TEMPO REAL BASEADA NA ATENÇÃO  
DOS ESTUDANTES UTILIZANDO COMPUTAÇÃO AFETIVA**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Informática do Instituto de Computação da Universidade Federal de Alagoas.

Orientador: Ig Ibert Bittencourt Santana Pinto  
Coorientador: Ranilson Oscar Araújo Paiva

Maceió-AL

Outubro de 2017

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**

Bibliotecária Responsável: Janaina Xisto de Barros Lima

S586a Silva, Daniel Borges Ferreira da.  
A recomendação pedagógica em tempo real baseada na atenção dos estudantes utilizando computação afetiva / Daniel Borges Ferreira da Silva. – 2018.  
74 f. : il.

Orientador: Ig Ibert Bittencourt Santana Pinto.

Coorientador: Ranilson Oscar Araújo Paiva.

Dissertação (mestrado em Informática) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Computação. Programa de Pós-Graduação em Informática. Maceió, 2017.

Bibliografia: f. 61-68.

Apêndice: f. 69-74.

I. Computação afetiva. 2. Estudantes – Engajamento. 3. Dispositivos móveis. 4. Título.

CDU: 004.89:37

*À minha família, meus pais Alberto Borges Ferreira da Silva  
e Verônica Cristina Ferreira da Silva,  
e minha irmã Débora Borges Ferreira da Silva  
por sempre estarem comigo em todos os momentos.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a **Deus**, por tudo, por oferecer a salvação por meio de Jesus Cristo, por permitir que esta oportunidade acontecesse em minha vida, por ter derramado graça sobre minha vida, pelas bênçãos fornecidas, pelos dias que se passaram e pelos que virão.

Agradeço ao meu pai, **Alberto Borges Ferreira da Silva** por ser um exemplo para mim, tanto na vida espiritual quanto na vida pessoal, por ser um exemplo de pai e de perseverança, por cuidar de mim e por não permitir que nada faltasse em nossa família.

Agradeço à minha mãe, **Verônica Cristina Ferreira da Silva**, por sempre me apoiar nos momentos difíceis e por estar sempre ao meu lado desde quando nasci, me oferecendo conforto e colo de mãe, por sempre me ouvir nos momentos que quis desabafar.

À minha irmã, **Débora Borges Ferreira da Silva**, por me acordar nos dias que dormi sentado na cadeira do computador na elaboração deste trabalho, e por me suportar nos dias em que estava estressado.

Agradeço ao meu orientador, **Ig Ibert Bittencourt Santana Pinto**, por todos os conselhos, pela ajuda nesse período e por aceitar a difícil missão de me orientar, pelas lições e pelos carões recebidos, se não fosse por isso eu não chegaria até o fim.

Agradeço ao meu coorientador, **Ranilson Oscar Araújo Paiva**, por ser meu braço direito durante todo esse período, me dando forças para dar um passo de cada vez e olhar sempre para frente, mesmo diante das dificuldades e mudanças que ocorreram durante este processo.

Aos professores **Alan Pedro da Silva** e **Jorge Artur Peçanha de Miranda Coelho** por aceitarem avaliar este trabalho, e também ao professor **Rafael de Amorim Silva** por ter participado do processo de qualificação.

Ao grupo de pesquisa **Núcleo de Excelência em Tecnologias Sociais (NEES)**, pelo apoio em pesquisas, em especial aos integrantes, e também meus amigos, **Jário José dos Santos Júnior** e **Josmário de Albuquerque Silva** pela ajuda na concepção de ideias e no esclarecimento de dúvidas que surgiram.

À CAPES pelo apoio financeiro para realização deste trabalho de pesquisa.

*“Porque para Deus nada é impossível”*

*Lucas 1:37*

## RESUMO

Dispositivos móveis estão sendo utilizados cada vez mais pela população. O público jovem tem utilizado tais dispositivos a qualquer momento, principalmente com a finalidade de troca de mensagens e isso tem afetado, negativamente, a sua concentração em sala de aula. Por um lado, pode-se utilizar métodos que restringem o uso de tais dispositivos em sala de aula com a finalidade de reduzir o nível de distração, mas estes métodos causam problemas que podem afetar os estudantes que utilizam os dispositivos para fins de estudos. Por outro lado, pode-se utilizar métodos alternativos que envolvem desde aplicações de filtro, até a conscientização da sociedade a respeito do mal que a distração pode causar. Esses últimos métodos devem ser aplicados com cautela, pois sua eficácia é variável e difícil de mensurar. A distração em sala de aula usando dispositivos móveis se torna um problema no qual a educação presencial lida ultimamente. Diante disto, este trabalho tem como objetivo apresentar uma abordagem alternativa para resolver o problema da distração em sala de aula por meio de um processo de recomendação. Tal processo está fundamentado no uso de recomendações pedagógicas baseadas no nível de engajamento dos estudantes, detectado por intermédio de sistemas computacionais. Para tal, utilizou-se teorias e técnicas de computação afetiva, para a detecção do engajamento, e dispositivos móveis, para o envio das recomendações. Consideramos a falta de engajamento dos estudantes, caracterizada pela falta de atenção na aula, como o principal foco do problema de pesquisa. A proposta deste trabalho foi testada em sala de aula, por meio de um experimento controlado onde recomendações pedagógicas eram enviadas para os celulares dos estudantes, após a medição do nível de atenção dos estudantes. Essas recomendações tinham o objetivo de fazer com que o estudante voltasse sua atenção para a aula, combatendo a distração. Tal experimento foi realizado em um cenário real onde, de fato, o problema em questão esteve presente durante a aula. Participaram do experimento três turmas do ensino superior da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), contemplando as três áreas de atuação existentes: Ciências Exatas (Matemática), Ciências Biológicas (Enfermagem) e Ciências Humanas (Administração). No total, participaram do experimento 38 alunos. Através da análise quantitativa e qualitativa dos dados, concluímos que o uso de recomendação pedagógica baseada nos estados afetivos dos alunos enviada através de dispositivos móveis para combater a distração causada pelo mesmo não é uma boa alternativa de solução para o problema, pois é gerada nos alunos a ansiedade para verificar as recomendações enviadas, e continuam se distraindo. Por fim, levantamos outras questões e hipóteses para trabalhos futuros.

**Palavras-chaves:** distração, computação afetiva, engajamento, atenção, sistemas de recomendação, dispositivos móveis.

## ABSTRACT

Mobile devices are actually used more and more by the population. Young people have used this kind of devices at any time, especially for the purpose of exchanging messages and this has adversely affected their concentration in the classroom. On the one hand, methods that restrict the use of such devices in the classroom can be used to reduce the level of distraction, but these methods cause problems that may affect students who use the devices for study purposes. On the other hand, it is possible to use alternative methods that involve the use of filter applications to the education of society about the negative effects that distraction can cause. The restrictive methods should be applied with caution since their effectiveness is variable and difficult to measure. Classroom distraction using mobile devices becomes a problem in which classroom education deals lately. In view of this, this work aims to present an alternative approach to solving the problem of distraction in the classroom by means of a recommendation process. This process is based on the use of pedagogical recommendations based on the engagement level of student, detected through computational systems. For that, theories and techniques of affective computing, for the detection of the engagement, and mobile devices, were used to send the recommendations. We consider students' lack of engagement, characterized by lack of attention in class, as the main focus of the research problem. The proposal of this work was tested in the classroom, through a controlled experiment where pedagogical recommendations were sent to students' cell phones, after measuring students' level of attention. These recommendations were meant to get the student to turn his attention to class, fighting distraction. This experiment was carried out in a real scenario where, in fact, the problem in question was present during the lesson. Three higher education groups from the Universidade Federal de Alagoas (UFAL) participated in the experiment, covering three existing areas: Exact Sciences (Mathematics), Biological Sciences (Nursing) and Human Sciences (Administration). In total, 38 students participated in the experiment. Through the quantitative and qualitative analysis of the data, we conclude that the use of pedagogical recommendation based on the affective states of the students sent through mobile devices to combat the distraction caused by the same is not a good alternative solution to the problem, since it is generated in the students the anxiety to check the recommendations sent, and continue to distract. Finally, we raise other questions and hypotheses for future work.

**Keywords:** distraction, affective computing, engagement, attention, recommender systems, mobile devices.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Porcentagem de pessoas que possuem telefone celular . . . . .	21
Figura 2 – Média de minutos gastos com dispositivos móveis no mês de setembro de 2015	22
Figura 3 – Exemplos de tela da aplicação <i>QuesTInSitu: The Game</i> . . . . .	23
Figura 4 – Ilustração do problema . . . . .	25
Figura 5 – Processo de tomada de decisões pedagógicas . . . . .	35
Figura 6 – Exemplo de tela da ferramenta <i>Backstage</i> . . . . .	37
Figura 7 – Ilustração da definição de <i>flipped classrooms</i> . . . . .	38
Figura 8 – Exemplo de questão no <i>VotApedia</i> . . . . .	39
Figura 9 – Exemplos de expressões faciais . . . . .	43
Figura 10 – Adaptação do PTDP . . . . .	43
Figura 11 – Casos de uso do sistema . . . . .	45
Figura 12 – Casos de uso do professor . . . . .	46
Figura 13 – Casos de uso do aluno . . . . .	46
Figura 14 – Componentização do sistema de recomendação . . . . .	46
Figura 15 – Fluxo de cadastro da foto base do aluno . . . . .	49
Figura 16 – Fluxo do processo de recomendação em um sistema computacional . . . . .	50
Figura 17 – Variação dos níveis de engajamento . . . . .	62
Figura 18 – Variação da quantidade de interações com o <i>smartphone</i> . . . . .	63
Figura 19 – Variação do tempo total de interações com o <i>smartphone</i> . . . . .	64

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Formalização das hipóteses . . . . .	52
Tabela 2 – Cenários de engajamento . . . . .	55
Tabela 3 – Recomendações pedagógicas . . . . .	58
Tabela 4 – Níveis de distração . . . . .	63
Tabela 5 – Níveis de distração (percentual) . . . . .	64
Tabela 6 – <i>P-values</i> do teste de normalidade ( <i>Shapiro-Wilk</i> ) . . . . .	65
Tabela 7 – <i>P-values</i> do testes de hipóteses . . . . .	65
Tabela 8 – Níveis de engajamento do grupo de controle antes do período de recomendação	85
Tabela 9 – Níveis de engajamento do grupo de controle no período de recomendação .	85
Tabela 10 – Níveis de engajamento do grupo experimental antes do período de recomen- dação . . . . .	86
Tabela 11 – Níveis de engajamento do grupo experimental no período de recomendação	87

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>21</b>
<b>1.1</b>	<b>Motivação e contextualização . . . . .</b>	<b>21</b>
<b>1.2</b>	<b>Problemática . . . . .</b>	<b>23</b>
<b>1.3</b>	<b>Proposta de solução . . . . .</b>	<b>27</b>
<b>1.4</b>	<b>Objetivos . . . . .</b>	<b>27</b>
<b>1.5</b>	<b>Experimento e resultados . . . . .</b>	<b>28</b>
<b>1.6</b>	<b>Contribuições . . . . .</b>	<b>29</b>
<b>1.7</b>	<b>Organização do trabalho . . . . .</b>	<b>29</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA . . . . .</b>	<b>31</b>
<b>2.1</b>	<b>Computação afetiva e engajamento . . . . .</b>	<b>31</b>
<b>2.2</b>	<b>Sistemas de recomendação . . . . .</b>	<b>33</b>
<b>2.3</b>	<b>Processo de Tomada de Decisão Pedagógica . . . . .</b>	<b>34</b>
<b>3</b>	<b>TRABALHOS RELACIONADOS . . . . .</b>	<b>37</b>
<b>3.1</b>	<b>Gehlen-Baum et al. (2014) . . . . .</b>	<b>37</b>
<b>3.2</b>	<b>Grinols e Rajesh (2014) . . . . .</b>	<b>38</b>
<b>3.3</b>	<b>Dunn et al. (2013) . . . . .</b>	<b>39</b>
<b>4</b>	<b>PROPOSTA . . . . .</b>	<b>41</b>
<b>4.1</b>	<b>Abordando o problema . . . . .</b>	<b>41</b>
<b>4.2</b>	<b>Processo de recomendação . . . . .</b>	<b>41</b>
<b>4.3</b>	<b>Sistema de recomendação . . . . .</b>	<b>44</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Requisitos . . . . .</b>	<b>44</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Arquitetura . . . . .</b>	<b>46</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Fluxos do sistema para executar o processo . . . . .</b>	<b>49</b>
<b>5</b>	<b>EXPERIMENTO . . . . .</b>	<b>51</b>
<b>5.1</b>	<b>Objetivos da investigação . . . . .</b>	<b>51</b>
<b>5.2</b>	<b>Questão de pesquisa e hipóteses . . . . .</b>	<b>51</b>
<b>5.3</b>	<b>Fatores e níveis de fatores . . . . .</b>	<b>52</b>
<b>5.4</b>	<b>Variáveis de resposta . . . . .</b>	<b>52</b>
<b>5.5</b>	<b>Definição formal das hipóteses . . . . .</b>	<b>52</b>
<b>5.6</b>	<b>Unidades experimentais . . . . .</b>	<b>52</b>
<b>5.7</b>	<b>Plano de execução . . . . .</b>	<b>53</b>
<b>5.8</b>	<b>Coleta de dados . . . . .</b>	<b>54</b>
<b>5.9</b>	<b>Execução do experimento . . . . .</b>	<b>54</b>
<b>5.10</b>	<b>Análise dos resultados . . . . .</b>	<b>55</b>

5.11	Instrumentação . . . . .	55
5.12	Ameaças à validade . . . . .	56
6	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO . . . . .</b>	<b>59</b>
6.1	Execução do experimento . . . . .	59
6.2	Obtenção dos dados . . . . .	60
6.3	Análise quantitativa . . . . .	61
6.4	Análise qualitativa . . . . .	65
6.5	Resposta à questão de pesquisa . . . . .	66
6.6	Questões e hipóteses geradas . . . . .	67
7	<b>CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS . . . . .</b>	<b>69</b>
7.1	Limitações . . . . .	70
7.2	Trabalhos futuros . . . . .	71
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>73</b>
	 <b>APÊNDICES</b>	 <b>81</b>
	<b>APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLA- RECIDO (TCLE) . . . . .</b>	<b>83</b>
	<b>APÊNDICE B – TABELAS DE NÍVEIS DE ENGAJAMENTO . . . . .</b>	<b>85</b>

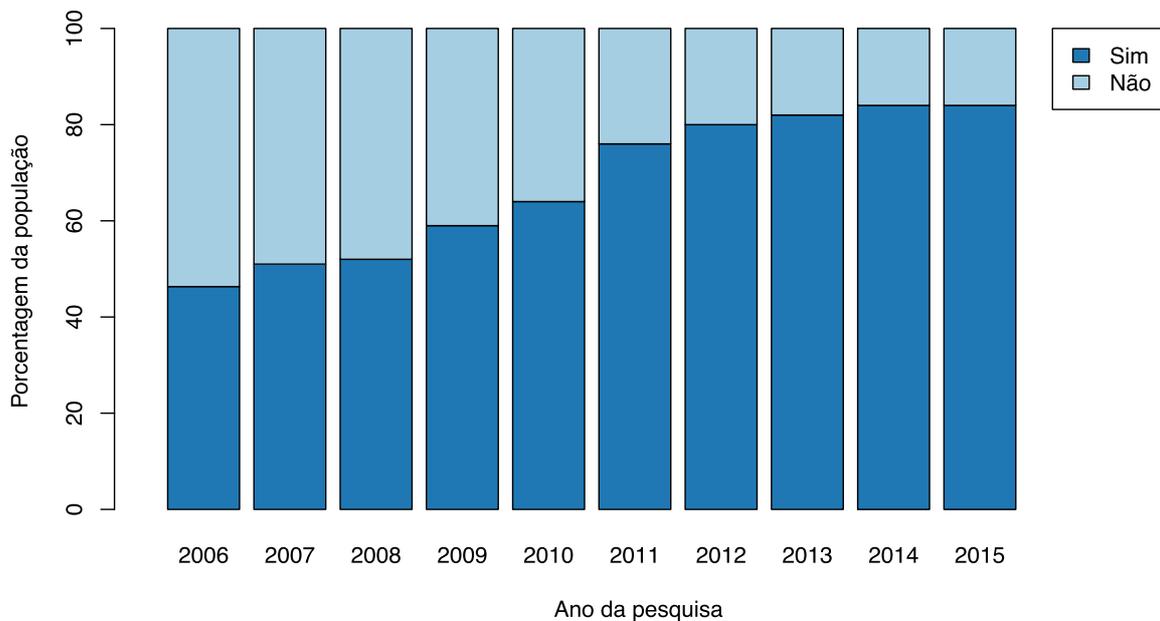
# 1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão apresentadas a motivação, contextualizando o problema abordado, bem como os objetivos, contribuições e organização do trabalho.

## 1.1 Motivação e contextualização

Nos últimos anos, o uso de dispositivos móveis vem crescendo cada vez mais. Pesquisas realizadas pelo BRASIL/CGI, apontam que os brasileiros estão aderindo cada vez mais ao uso de aparelhos celulares. No ano de 2006, Brasil/CGI (2007) mostrou que 46,33% da população brasileira possuíam aparelhos celulares<sup>1</sup> (BRASIL/CGI, 2007). No ano de 2012, o percentual de pessoas que possuíam aparelhos celulares, sobre o total da população, já era de 80%<sup>2</sup> (BRASIL/CGI, 2013). Em 2015 (ano da última pesquisa até o momento) o percentual foi de 84%<sup>3</sup> (BRASIL/CGI, 2016). A Figura 1 apresenta os resultados entre os anos de 2006 e 2015 (BRASIL/CGI, 2007; BRASIL/CGI, 2008; BRASIL/CGI, 2009; BRASIL/CGI, 2010; BRASIL/CGI, 2011; BRASIL/CGI, 2012; BRASIL/CGI, 2013; BRASIL/CGI, 2014; BRASIL/CGI, 2015; BRASIL/CGI, 2016). Percebemos um crescimento de 37,67% de pessoas que possuem aparelhos celulares.

Figura 1 – Porcentagem de pessoas que possuem telefone celular



Fonte – Imagem criada pelo autor

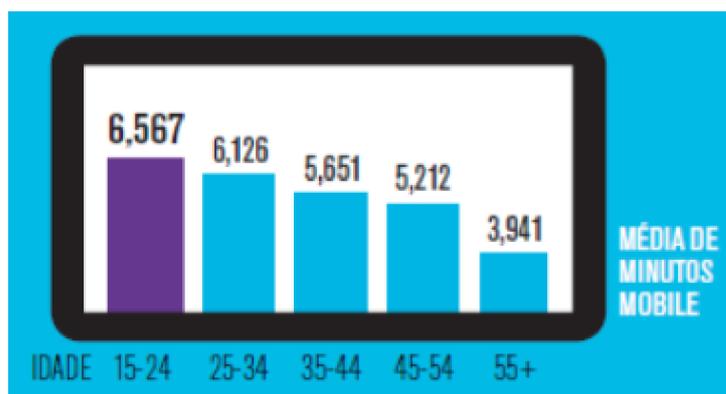
<sup>1</sup> Base: 10.510 entrevistados

<sup>2</sup> Base: 166.600.00 entrevistados

<sup>3</sup> Base: 174.952.644 entrevistados

Dados coletados no mês de setembro de 2015, mostram que o uso de dispositivos móveis foi, em média, 6.567 minutos para pessoas entre 15 e 24 anos de idade, que corresponde a aproximadamente 15% do total de minutos de todo o mês de setembro, ou seja, 43.200 minutos (BURGER, 2015). A Figura 2 apresenta o tempo gasto no mês de setembro de 2015 por faixa de idade. Notamos que pessoas entre 15 e 24 lideram a média de minutos gastos em dispositivos móveis com 6.567 minutos, concluindo que o público jovem é o mais ativo.

Figura 2 – Média de minutos gastos com dispositivos móveis no mês de setembro de 2015



Fonte – (BURGER, 2015)

Esta faixa de idade de 15 a 24 anos inclui a idade mais frequente em matrículas no ensino superior: 21 anos (Ministério da Educação, 2015). Esses números nos mostram indícios de que alunos do ensino superior tendem a gastar mais tempo com tecnologias móveis que outros públicos.

Na perspectiva educacional, estudos demonstram que os estudantes, quase sempre, levam seus dispositivos para a sala de aula (GEHLEN-BAUM; WEINBERGER, 2012) e eles podem utilizá-los para fins de estudo, como, por exemplo, tomar notas ou pesquisar materiais adicionais (GEHLEN-BAUM et al., 2014). Ayu, Taylor e Mantoro (2009) implementaram uma aplicação para dispositivos móveis com a finalidade de substituir os famosos *clickers*<sup>4</sup>, dispositivos normalmente utilizados para votações, removendo a necessidade de uma infraestrutura especialista (AYU; TAYLOR; MANTORO, 2009).

Este crescimento significativo das tecnologias móveis e sem fio tem causado a transferência de conhecimento através de meios digitais por um modelo de aprendizagem utilizando estes dispositivos, denominado *Mobile Learning* (BIDIN; ZIDEN, 2013). Desta forma, o sistema de ensino tem buscado integrar cada vez mais os dispositivos móveis à educação através de programas de aprendizagem (BUSINESS, 2008 apud FANG, 2009), tendo por objetivo melhorar a aprendizagem (INAN; LOWTHER, 2010) e a motivação dos estudantes (AAGAARD,

<sup>4</sup> *Clickers* são dispositivos que executam uma determinada funcionalidade ou ação, que dependam, apenas, do uso de um botão. Por exemplo: um *clicker* pode ser utilizado para votar em uma enquete.

2015), facilitando a aprendizagem contextualizada (AVOURIS; YIANNOUTSOU, 2012 apud MELERO; HERNÁNDEZ-LEO; MANATUNGA, 2015).

Isto conduz a um novo paradigma educacional, no qual estudantes podem aprender a qualquer momento e em qualquer lugar (VINU; SHERIMON; KRISHNAN, 2011). *Mobile Learning* têm contribuído com este paradigma, permitindo que em qualquer lugar e a qualquer momento seja criado um ambiente de aprendizagem (HASHEMI et al., 2011).

Como exemplo, podemos mencionar Melero, Hernández-Leo e Manatunga (2015). Eles utilizaram técnicas de *location-based learning*<sup>5</sup> em conjunto com dispositivos móveis em um museu de arte contemporânea com o intuito de estudar os efeitos do compartilhamento de dispositivos móveis em grupos de alunos, bem como o impacto do tamanho do grupo. Foi desenvolvida a aplicação *QuesTInSitu: The Game* para alcançar seus objetivos. A Figura 3 mostra alguns exemplos de tela da aplicação. Através de seus resultados, Melero, Hernández-Leo e Manatunga (2015) notaram que estudantes que estavam portando dispositivos móveis obtiveram um impacto positivo significativo em sua performance para realizar as atividades acadêmicas propostas (MELERO; HERNÁNDEZ-LEO; MANATUNGA, 2015).

Figura 3 – Exemplos de tela da aplicação *QuesTInSitu: The Game*



Fonte – (MELERO; HERNÁNDEZ-LEO; MANATUNGA, 2015)

Este exemplo nos mostra que o uso adequado dos dispositivos móveis pode promover benefícios para os estudantes. Isto é, havendo um direcionamento correto da utilização do dispositivo pelos estudantes, de uma forma controlada, os alunos são beneficiados. O uso incorreto pode gerar problemas, promovendo a distração dos alunos e afetando diretamente a sua aprendizagem (CHEN; YAN, 2016).

## 1.2 Problemática

Da mesma forma que os estudantes podem utilizar seus dispositivos com fins de estudo, eles podem utilizá-los inadequadamente através de atividades nas quais não têm relação com

<sup>5</sup> Aprendizagem baseada em localização, na tradução para o português.

a aula (GEHLEN-BAUM et al., 2014). Tal prática é caracterizada pelas seguintes atividades (CHEN; YAN, 2016):

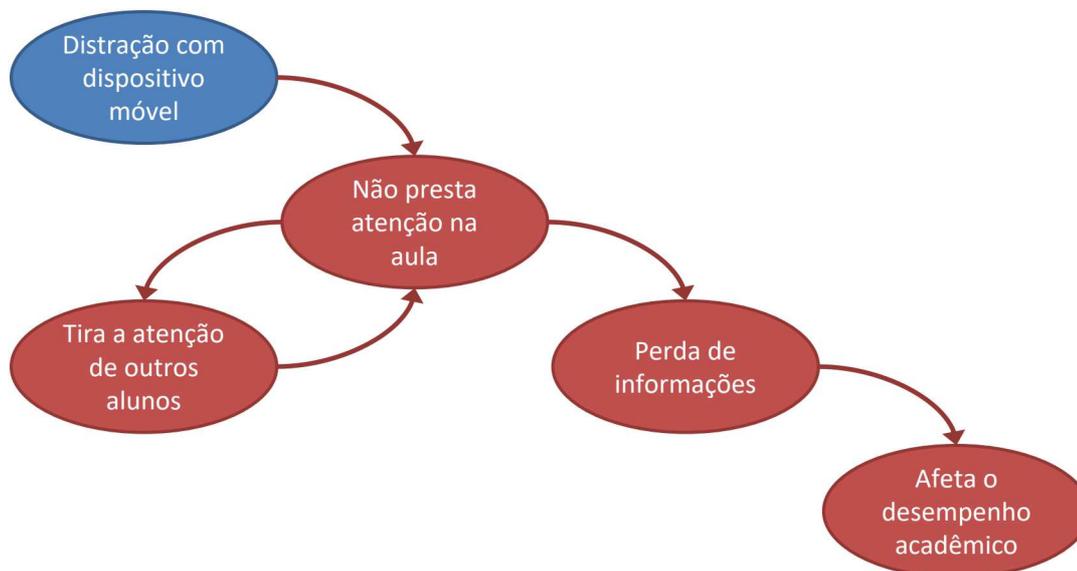
- **Chamadas telefônicas:** as chamadas telefônicas são fontes de distração e irritação em sala de aula (CAMPBELL, 2006). Röer et al. (2014) notou que as ondas sonoras dos toques de celular normalmente compreendem de 1 a 5kHz, que é similar a buzinas, alertas de incêndio ou buzinas de bicicleta (RÖER et al., 2014). A distração não se dá apenas pelo toque do aparelho, mas também se dá pela sua vibração (BURNS; LOHENRY, 2010);
- **Troca de mensagens de texto:** Tindell e Bohlander (2012) mostraram que 90% dos estudantes de universidades enviam mensagens de texto durante as aulas (TINDELL; BOHLANDER, 2012). Harman e Sato (2011) realizaram uma pesquisa com alunos para estudar a relação entre o envio de mensagens de texto e o desempenho acadêmico dos alunos. Notou-se que quanto mais mensagens os alunos recebiam e enviavam, menor era o desempenho (HARMAN; SATO, 2011);
- **Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC):** TIC é um termo abrangente que inclui qualquer tipo de dispositivo de comunicação bem como os vários serviços e aplicações que lhe estão associados (ROUSE, 2005). Kirschner e Karpinski (2010) realizaram uma pesquisa com graduandos e graduados e concluiu que há uma associação negativa entre a rede social Facebook e o desempenho acadêmico do aluno, mas isto depende das habilidades de gerenciamento de tempo do aluno (KIRSCHNER; KARPINSKI, 2010). Ou seja, se as TICs forem utilizadas de maneira indevida pelos alunos, elas podem gerar prejuízos em relação à sua aprendizagem.

Ao executar estes tipos de atividade em seu momento de estudo, o aluno tenta realizar mais de uma tarefa ao mesmo tempo, o que caracteriza o *multitasking* (WOOD et al., 2012 apud CHEN; YAN, 2016). *Multitasking* também é definido por Junco (2012) como a atenção dividida e alterações de atividade não sequenciais (JUNCO, 2012 apud CHEN; YAN, 2016). Este comportamento resulta na distração do aluno (CHEN; YAN, 2016), impactando negativamente na sua aprendizagem (MURPHY; MANZANARES, 2008).

Com isso temos o seguinte problema: **o uso inadequado do dispositivo móvel em sala de aula leva à distração do aluno**. Como consequência, os alunos não dão a devida atenção à aula, fazendo com que haja perda de informações afetando negativamente o desempenho acadêmico do aluno (GEHLEN-BAUM et al., 2014). Estes alunos podem, também, tirar a atenção de outros alunos, prejudicando-os da mesma forma (FANG, 2009). A Figura 4 ilustra este problema.

Diante disso, os professores têm procurado maneiras de combater esse problema (FANG, 2009; CHEN; YAN, 2016). De acordo com Fang (2009), há duas categorias de métodos que

Figura 4 – Ilustração do problema



Fonte – Imagem criada pelo autor

podem ser utilizados com o fim de combater a distração em sala de aula causada pelos dispositivos móveis: (i) métodos restritivos e (ii) métodos alternativos.

Ao utilizar métodos restritivos, os alunos são privados de utilizar as tecnologias que estão a eles acessíveis. Em primeiro lugar, o acesso ao próprio dispositivo pode ser interrompido. Hu (2007) mostra que uma das primeiras escolas que adotou o uso de *laptops* no ensino médio decidiu eliminar o programa gradativamente entre 2007 e 2010. Os professores se queixavam do uso inadequado dos *laptops* na sala de aula, fazendo com que os alunos se distraíssem (HU, 2007).

Em segundo lugar, é possível interromper o acesso a WiFi. A Faculdade de Direito da Universidade de Chicago decidiu eliminar o acesso à internet das salas de aula por causa da distração que os alunos estavam expostos (UNIVERSITY OF CHICAGO, 2008). O ponto positivo desta abordagem é que os alunos ainda podem usar seus dispositivos para tomar notas ou executar tarefas semelhantes, porém não é possível realizar buscas na internet relacionadas à aula (FANG, 2009).

Por um lado, restringir os dispositivos ou tecnologias acessíveis aos alunos ajuda na redução do nível de distração, pois, desta forma, o aluno não tem acesso ao causador da distração. No entanto, eles se sentem confortáveis utilizando a tecnologia para organizar seus trabalhos acadêmicos (FANG, 2009), ou seja, para os alunos, é agradável utilizar tais tecnologias com fins de estudo. Utilizar métodos restritivos, neste sentido, afeta diretamente estes alunos. Pode passar a mensagem de que eles não são confiáveis para usar a tecnologia em sala de aula (FANG,

2009). Ao restringir *smartphones*, especificamente, o aluno fica privado de manter contato com familiares, por exemplo. Em casos de emergência não é possível contatá-lo, pois seu dispositivo estará confiscado.

Desta forma os professores têm evitado os métodos restritivos e têm optado por usar os métodos alternativos. Em primeiro lugar, destaca-se “reformular a aula”. Reformular a aula envolve realizar atividades que diferem das aulas tradicionais como a utilização de vídeos e *quizzes* (perguntas e respostas) online. Em segundo lugar, temos “envolver os aprendizes” que está relacionado a envolver os estudantes na aula, através dos próprios dispositivos, gerando uma aprendizagem ativa fazendo com que os estudantes desenvolvam habilidades cognitivas (LIU et al., 2006). Bruff (2009) utilizou o *clicker* para promover um sistema de perguntas e respostas na sala de aula, com a finalidade de envolver os alunos (BRUFF, 2009 apud FANG, 2009).

É possível, também, utilizar as chamadas “aplicações de filtro” (PANG, 2013 apud AAGAARD, 2015). Tais aplicações filtram o acesso à fonte da distração, assim os alunos não têm acesso a determinados *websites* que desviem o foco da aula. Algumas soluções podem até bloquear o acesso à internet. Este método é ideal para ser utilizado em provas online, pois, desta forma, os alunos não têm acesso a *websites* ou chats online que os permitem copiar respostas da internet e/ou compartilhar entre si.

Outro método utilizado por professores, em conjunto com a equipe técnica da instituição, é “ativar ou desativar a conexão com a internet” (FANG, 2009). No entanto, para isso, é necessária uma colaboração entre professores e a equipe técnica da instituição para que sejam discutidas estratégias (por parte dos professores) e que estas estratégias sejam postas em prática (por parte da equipe técnica). Ou seja, enquanto os professores focam no ensino dos alunos, a equipe técnica trabalha nas estratégias, implementando-as para que haja um controle inteligente do acesso à internet. Apesar de aparentar ser um método restritivo pelo fato de interromper o acesso à internet em determinados momentos, este método se caracteriza como um método alternativo porque busca, de uma forma inteligente, interromper o acesso apenas em momentos cabíveis.

Existe ainda a possibilidade de estabelecer contratos com os alunos (FANG, 2009). Neste caso, os professores estabelecem um contrato com seus alunos, podendo ser formal ou informal, permitindo o uso do dispositivo em momentos oportunos, introduzindo cláusulas para alertar os alunos contra o uso inadequado dos dispositivos em sala de aula. As regras do contrato estabelecido ficam a critério do professor. Por exemplo, de acordo com Bugeja (2007), na Escola de Jornalismo e Comunicação da Universidade Estadual de Iowa, foi estabelecida a seguinte cláusula: se o celular do aluno for ouvido na sala, ele é responsável por: (i) depois da aula, cantar uma música qualquer ou (ii) na aula seguinte, levantar uma discussão de 10 minutos sobre um tema a ser definido.

Além destes, tem-se ainda as abordagens promovidas a longo prazo, como “educar a comunidade” (FANG, 2009). Comportamentos inadequados podem ser prevenidos ou minimizados se os alunos receberem orientações sobre o que é adequado ou não de se fazer em sala de aula.

Com isso, é preciso conscientizar a comunidade do “mal” que é se distrair com os dispositivos na sala de aula. Desta forma, um bom método é orientar os alunos, bem como os professores, que estão ingressando na instituição os usos aceitáveis da tecnologia (NWORIE; HAUGHTON, 2008).

### 1.3 Proposta de solução

Diante do problema apresentado (seção 1.2), vemos a necessidade de apresentar soluções para resolvê-lo. Por isso, neste trabalho, buscou-se propor um método diferentes dos que já são utilizados para reduzir o problema da distração em sala de aula.

Considerando o que foi apresentado sobre os métodos restritivos e alternativos, visamos tomar como base os métodos alternativos para propormos uma nova solução para o problema da distração. Grande parte dos métodos restritivos afetam os alunos que desejam utilizar seus dispositivos para fins de estudo, pois impedem o uso de funcionalidades importantes e em alguns casos o uso do próprio dispositivo.

Visto isto, propomos o uso de recomendações pedagógicas, enviadas com base no nível de engajamento dos estudantes, o qual é detectado por meio da análise facial. Estas recomendações são enviadas em tempo real para o aluno, por meio de um sistema de recomendação que faz uso do seu próprio dispositivo móvel, onde consideramos como tempo real o tempo de processamento para o cálculo do nível de engajamento, seleção da recomendação apropriada para o nível calculado e, por fim, envio da recomendação.

Este sistema seguirá, de forma adaptada, o Processo de Tomada de Decisão Pedagógica (vide seção 2.3) focada na recomendação. Esta adaptação reusa as principais etapas do processo original que são suficientes para que a recomendação baseada no engajamento seja direcionada até o aluno.

Para o cálculo do nível de engajamento, utilizamos teorias e técnicas da computação afetiva (vide seção 2.1) capazes de processar dados dos alunos providos por imagens e convertê-los em dados afetivos. Com isso pudemos capturar imagens dos alunos no momento da aula e calcular o nível de engajamento. Para isto utilizamos o SDK Affdex (MCDUFF et al., 2016).

### 1.4 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho (problema de negócio) é **diminuir o nível de distração dos alunos em sala de aula causada por dispositivos móveis**. Para isso, utilizamos a recomendação automática em tempo real, baseada no engajamento dos estudantes.

Nossos objetivos específicos são: (i) criar um processo que combine sistemas de recomendação e computação afetiva para diminuir a distração em sala de aula, (ii) criar uma arquitetura base para o desenvolvimento de sistemas de recomendação que suporte o processo

criado, (iii) testar a viabilidade do método proposto através de um experimento e (iv) analisar o impacto da recomendação em tempo real na distração dos alunos com *smartphones*.

Para que estes objetivos fossem cumpridos, foi necessário o desenvolvimento de um sistema seguindo as especificações do processo e arquitetura criados. Este sistema tem o objetivo de pôr em prática a teoria e especificações criadas neste trabalho. Através de um experimento foi analisado o impacto do processo criado, testando a viabilidade da nossa proposta de solução.

## 1.5 Experimento e resultados

Dada a problemática do presente trabalho (seção 1.2) e a proposta de solução para o problema em questão (seção 1.3), tornou-se necessária a validação da proposta através de um experimento. Neste trabalho foi realizado um experimento com o objetivo de avaliar o impacto de recomendações automáticas em tempo real, baseadas no engajamento dos estudantes.

Para este experimento, foi planejado realizar a avaliação de três turmas de cursos distintos buscando analisar as interações dos alunos com seus *smartphones* durante o período de aula. Cada turma possuiu um grupo de controle e um grupo experimental entre os próprios alunos. Isso nos permitiu comparar o grupo de controle e o grupo experimental em um mesmo ambiente de aprendizagem (mesma sala de aula, mesmo momento e mesmo professor). A separação da turma nos grupos se deu de forma aleatória.

Durante o período do experimento, cada aula foi dividida em dois momentos: no primeiro momento tanto o grupo de controle quanto o experimental não receberam recomendações; no segundo momento, os alunos do grupo de controle permaneceram sem receber recomendações, em contrapartida, os alunos do grupo experimental receberam as recomendações. Desta forma pudemos analisar as interações com e sem recomendações.

O sistema desenvolvido para testarmos a nossa hipótese armazenou os níveis de engajamento dos alunos participantes do experimento quando foi possível realizar o cálculo do engajamento. Com esses dados foi possível realizar uma análise quantitativa utilizando os níveis de engajamento dos alunos. Todo o período do experimento foi gravado, permitindo, também, que uma análise qualitativa da solução fosse executada. Obtendo, desta forma, dados quantitativos e qualitativos.

À partir das análises dos dados quantitativos obtidos, notamos que os alunos ficaram ansiosos para receberem as recomendações por meio de seus *smartphones*, interagindo cada vez mais com os seus dispositivos, aumentando a distração com tais dispositivos. Foram comparados os níveis de engajamento antes e depois do envio das recomendações.

Pela análise qualitativa, comprovamos a ansiedade dos alunos para receberem as recomendações. Também notamos que, durante o período do experimento, os alunos também distraíram seus colegas, onde ambos perdiam o foco na aula para concentrar-se em seus *smartphones*.

## 1.6 Contribuições

Este trabalho investiga efeitos de sistemas computacionais em um contexto educacional, bem como os efeitos de práticas pedagógicas mediadas pela tecnologia computacional e móvel. Portanto, a principal contribuição deste trabalho é para a área de Informática na Educação, no qual pode ser aplicado ao ensino presencial e/ou à distância, trazendo benefícios aos estudantes.

Desta forma estamos contribuindo com um processo focado nos estudantes (recomendação em tempo real baseada no engajamento dos estudantes), visando melhorar a sua aprendizagem, abordando o problema da distração em sala de aula. Este processo é adaptado para o uso de sistemas computacionais.

Norteamos o envio destas recomendações por intermédio de *smartphones*, considerando esta como uma má prática visando o objetivo deste trabalho. Em contrapartida, foi possível levantar novas questões de pesquisa e hipóteses nas quais precisam ser avaliadas através de novos estudos.

## 1.7 Organização do trabalho

O presente trabalho está estruturado como segue. No Capítulo 2 serão abordados os tópicos nos quais este trabalho está fundamentado. Será tratado de forma geral o estado da arte sobre computação afetiva (seção 2.1) e sobre sistemas de recomendação (seção 2.2). Também será apresentado o processo original no qual a proposta deste trabalho está fundamentada (seção 2.3).

No Capítulo 3 são apresentados os trabalhos que consideramos relacionados à nossa pesquisa. Foram considerados trabalhos que abordam o problema da distração em sala de aula, ou que estudam o engajamento dos estudantes durante o período de aula.

No Capítulo 4 é apresentada detalhadamente a nossa proposta de solução para o problema descrito na seção 1.2. Será apresentado o processo de recomendação criado (seção 4.2) e como este processo se aplica a um sistema computacional (seção 4.3). Este capítulo também apresenta especificações conceituais, técnicas e organizacionais de software (subseções 4.3.1 e 4.3.2) que servem de base para o desenvolvimento de sistemas de recomendação aplicados no presente contexto.

No Capítulo 5 é apresentado o experimento realizado para validar a proposta de solução apresentada no Capítulo 4. Foram definidas hipóteses (seção 5.2) e testadas (seção 5.6), respeitando um plano de execução (seção 5.7). Por fim, são apresentadas as ameaças à validade do experimento (seção 5.12).

No Capítulo 6 é apresentada a execução do experimento (seção 6.1), como os dados gerados foram obtidos (seção 6.2) bem como os resultados das análises quantitativas e qualitativas (seções 6.3 e 6.4). Por fim, apresentaremos a resposta da questão de pesquisa estudada (seção 6.5) e as questões e hipóteses geradas à partir da execução do experimento (seção 6.6).

Finalmente, no Capítulo 7 apresentamos as conclusões alcançadas à partir da pesquisa executada neste trabalho. São apresentados como os objetivos específicos deste trabalho foram alcançados, nossas limitações (seção 7.1) e as perspectivas futuras da pesquisa (seção 7.2).

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo abordaremos os tópicos nos quais este trabalho está fundamentado, e para que haja uma boa compreensão do mesmo. A distribuição das seções neste capítulo está na seguinte forma: na seção 2.1 serão apresentados os conceitos de computação afetiva, bem como as modalidades na qual ela pode ser aplicada; na seção 2.2 abordaremos a definição e características de sistemas de recomendação, e também como este tipo de sistema será utilizado no presente trabalho.

### 2.1 Computação afetiva e engajamento

Um professor, ou tutor, humano pode observar o estado afetivo dos estudantes um a um, podendo, desta forma, utilizar a informação para determinar o que é necessário para melhorar o ritmo ou o conteúdo dos materiais de aprendizagem (LEPPER et al., 1993). No entanto, ambientes de aprendizagem computadorizados raramente consideram o estado afetivo dos estudantes ao selecionar estratégias de instruções aos alunos (CALVO; D’MELLO, 2011). Visto isso, pesquisadores têm demonstrado interesse em estudar a área incluindo a computação afetiva na aprendizagem (D’MELLO, 2013).

“Computação afetiva” é a computação que se relaciona, origina ou influencia emoções (PICARD, 1997). Este é um campo de pesquisa emergente que almeja permitir que sistemas inteligentes reconheçam, sintam, infiram e interpretem emoções humanas. Ela é uma área interdisciplinar que abrange de ciência da computação à psicologia, e da ciência social à ciência cognitiva (PORIA et al., 2017).

Através dela é construído um “modelo afetivo” baseado em várias informações capturadas por sensores, e cria um sistema computacional personalizado com a capacidade de perceber e interpretar sentimentos humanos, bem como fornecer respostas inteligentes, sensíveis e amigáveis (TAO; TAN, 2005). Esta área de pesquisa, mesmo sendo recentemente iniciada, tem se expandido ao passar dos anos e crescido cada vez mais, podendo ser aplicada em diversos contextos de maneiras diferentes (DELLAERT; POLZIN; WAIBEL, 1996; YU et al., 2001; RUDOVIC et al., 2017).

A literatura descreve três modalidades nas quais a análise afetiva é focada: (i) visual, (ii) de áudio e (iii) textual (PORIA et al., 2017). Cada modalidade possui um conjunto de características que busca executar a análise afetiva baseadas em técnicas e objetivos específicos. A seguir apresentaremos brevemente tais modalidades.

A primeira delas é a modalidade visual. Expressões faciais são os primeiros indicativos para entender as emoções e sentimentos. Com o passar dos anos, as expressões faciais são os principais canais para formar uma impressão do estado atual da mente das pessoas (PORIA et al., 2017). De acordo com Ekman (2007), um dos pioneiros nesta área de pesquisa, é possível

detectar sete emoções básicas, à partir de expressões faciais. São elas: (i) tristeza, (ii) raiva, (iii) surpresa, (iv) medo, (v) aversão, (vi) desprezo e (vii) felicidade (EKMAN, 2007).

A segunda é a modalidade de áudio. Esta modalidade possui componentes de análise específicos, onde várias características têm sido utilizadas pela literatura para ensinar máquinas a detectar emoções (WU; YEH; CHUANG, 2009; MORRISON; WANG; SILVA, 2007; WU; LIANG, 2011), e desde que foi detectado que características prosódicas<sup>1</sup> são mais proeminentes, estas foram largamente utilizadas pela literatura (PORIA et al., 2017).

Por fim, temos a modalidade textual. As abordagens para detecção de emoções e sentimentos baseada em textos dependem principalmente de técnicas baseadas em regras, modelagem utilizando conjunto de palavras, dicionário de emoções (MISHNE et al., 2005), abordagens estatísticas que assumem a disponibilidade de um grande conjunto de dados anotado com etiquetas de emoção (ONETO et al., 2016).

Visto que os computadores têm servido como ferramentas para ajudar na aprendizagem em todos os níveis, desde atividades simples em sala de aula até a forma que os teóricos pensam (PICARD et al., 2004), e que houve um grande interesse no desenvolvimento de tecnologias avançadas para o aprendizado que detecte e responda automaticamente aos estados afetivos dos estudantes (D'MELLO, 2013), podemos notar que há um interesse da computação afetiva em detectar estados afetivos e associá-los com a aprendizagem (BOSCH et al., 2015; BOSCH et al., 2016; WHITEHILL et al., 2014).

Alguns trabalhos possuem o foco em detectar o engajamento das pessoas para fins específicos (SCHAUFELI et al., 2002; RUDOVIC et al., 2017; VAUFREYDAZ; JOHAL; COMBE, 2016). Alguns destes possuem o foco na aprendizagem, considerando o engajamento dos estudantes (AZEVEDO, 2015; WHITEHILL et al., 2014; HENRIE; HALVERSON; GRAHAM, 2015), indicando que o interesse em estudar como o engajamento dos estudantes afeta sua aprendizagem têm crescido (SABOURIN; LESTER, 2014).

É importante citar que o engajamento possui um papel importante na aprendizagem (D'MELLO; DIETERLE; DUCKWORTH, 2017), pois a falta de engajamento foi citada como uma das principais causas do comportamento desviante na escola e baixo rendimento acadêmico (HARRIS, 2008). Detectando este cenário o mais rápido possível podemos intervir de alguma forma buscando reverter este quadro. A computação afetiva tem o poder de fornecer dados para detectar engajamento de forma automática (WHITEHILL et al., 2014), através de algoritmos computacionais.

A medição do nível de engajamento, por intermédio da computação afetiva, pode ser aplicada facilmente na educação (WHITEHILL et al., 2014; VAUFREYDAZ; JOHAL; COMBE, 2016). Engajamento tem sido utilizado para descrever tudo que envolve desempenho e realização acadêmica, comportamento em sala de aula, abordagens para interagir com materiais didáticos,

---

<sup>1</sup> Entonação, o ritmo, o acento (intensidade, altura, duração) da linguagem falada e demais atributos correlatos na fala.

práticas executadas por professores em sala de aula centrada no aluno, recursos projetados para iniciar, sustentar e promover a aprendizagem, entre outros (AZEVEDO, 2015).

Natriello (1984) define engajamento como a participação do estudante nas atividades oferecidas como parte do programa escolar. Já Marks (2000) define como um processo psicológico que envolve a atenção, interesse, investimento e esforços que os alunos gastam no processo de aprendizagem. Com base nestas definições, notamos que quando o estudante não participa das atividades da aula, não demonstra interesse nem mede esforços para manter o foco na aula não está engajado na aula.

Então se o aluno não dá a devida atenção à aula por estar usando dispositivos móveis, ele está distraído (TINDELL; BOHLANDER, 2012), logo não está engajado na aula. Podemos então considerar que a distração com os dispositivos móveis é uma maneira de demonstrar que os alunos não estão engajados na aula.

## **2.2 Sistemas de recomendação**

É comum que as pessoas solicitem recomendações sobre diversos assuntos, envolvendo diversas áreas. Estas recomendações são buscadas através de várias maneiras: conversas informais, consultas com pessoas de confiança, consultas com especialistas, pesquisas na internet, através de métodos formais provenientes da teoria da decisão, ou até mesmo seguindo os próprios “instintos” ou fazendo o que a maioria das pessoas está fazendo (JANNACH et al., 2010 apud PAIVA, 2013).

Sendo assim, os sistemas de recomendação são introduzidos e Ricci, Rokach e Shapira (2011) definem sistemas de recomendação como:

Ferramentas de software e técnicas cujo objetivo é prover sugestões de itens a serem utilizados por um usuário. As sugestões providas focam em ajudar os usuários em diversos processos de tomada de decisão (RICCI; ROKACH; SHAPIRA, 2011).

De acordo com Ricci, Rokach e Shapira (2011) e Jannach et al. (2010), os primeiros sistemas de recomendação surgiram no início dos anos 90 porque o processo de busca por bons conselhos e recomendações é um processo bastante custoso, tanto em termos financeiros quanto em termos de tempo. Com isso, tais sistemas tinham o papel de reunir as opiniões de milhões de pessoas online com o objetivo de ajudá-los a encontrar e recomendar conteúdo útil e interessante. Visto a sua aplicabilidade, os sistemas de recomendação foram aceitos e evoluíram ao ponto de contemplar diversas áreas.

Sistemas de recomendação utilizam informações que descrevem situações dos usuários, como localização e tempo, com a finalidade de gerar recomendações personalizadas e mais relevantes para os usuários (ADOMAVICIUS; TUZHILIN, 2011; ASABERE, 2013). Eles

podem gerenciar a sobrecarga de informações, filtrando e personalizando dados de acordo com a necessidades dos usuários (POMMERANZ et al., 2012).

As funções internas de um sistema de recomendação são caracterizadas por algoritmos de filtros (BOBADILLA et al., 2013), e estes algoritmos de filtro são divididos em algoritmos de: (a) filtro colaborativo, (b) filtro demográfico, (c) filtro baseado no conteúdo e (d) filtro híbrido (ADOMAVICIUS; TUZHILIN, 2005; CANDILLIER; MEYER; BOULLÉ, 2007; SCHAFER et al., 2007).

Os algoritmos baseados em filtros colaborativos permitem que os usuários forneçam avaliações sobre um conjunto de elementos (vídeos, músicas, filmes, etc.), desta forma, quando as informações são gravadas no sistema, as recomendações podem ser geradas para cada usuário com base nas informações fornecidas pelos mesmos e pelos que possuem características em comum com eles (SU; KHOSHGOFTAAR, 2009). Estas avaliações também podem ser adquiridas implicitamente: número de vezes que uma música é ouvida ou quando um recurso é acessado, por exemplo (BOBADILLA et al., 2013).

Já os algoritmos baseados em filtros demográficos, basicamente, são fundamentados no princípio de que indivíduos com certos atributos pessoais em comum (sexo, idade, país, etc.) também possuem as mesmas preferências (PORCEL et al., 2012).

Algoritmos baseados no conteúdo geram recomendações baseadas em escolhas que os usuários fizeram no passado. Tais algoritmos podem analisar certos conteúdos, como textos, imagens e sons, estabelecendo uma semelhança entre objetos para recomendar itens semelhantes aos que o usuário comprou, visitou, ouviu, visualizou ou classificou positivamente (SALTER; ANTONOPOULOS, 2006).

Por fim, os algoritmos baseados em filtros híbridos visam explorar méritos de cada técnica (BOBADILLA et al., 2013). Comumente usam uma combinação de filtros colaborativos com demográficos (VOZALIS; MARGARITIS, 2007) ou filtros colaborativos com filtros baseados no conteúdo (CHOI et al., 2012).

### **2.3 Processo de Tomada de Decisão Pedagógica**

O Processo de Tomada de Decisões Pedagógicas (PTDP), proposto por Paiva et al. (2015), tem como objetivo combinar e coordenar esforços humanos (especialistas pedagógicos e especialistas tecnológicos) e inteligência artificial (PAIVA et al., 2015), focando na tomada de decisão do professor em relação às suas turmas. Este processo já foi utilizado por Santana et al. (2016a), Santana et al. (2016b) e Paiva et al. (2015).

O PTDP é um processo cíclico, iterativo e semi-automático. Ele é composto por duas fases: (1) fase de construção e (2) fase de execução, onde cada fase possui 4 etapas. A fase de construção é composta pelas etapas (1-a) definir cenário, (1-b) investigar cenário, (1-c) criar decisão pedagógica e (1-d) definir avaliação. A fase de execução é composta pelas etapas

(2-a) detectar cenários, (2-b) descobrir padrões, (2-c) recomendar, (2-d) monitorar e avaliar (PAIVA et al., 2016), conforme mostra a Figura 5.

Figura 5 – Processo de tomada de decisões pedagógicas



Fonte – (PAIVA et al., 2016)

Durante a fase de construção, as etapas necessitam de ações de humanos (profissionais na área de educação) e de inteligência artificial (algoritmos e métodos) para criar artefatos computacionais que vão executar o processo automaticamente na fase de execução.

Na fase de execução, o PTDP usa dados educacionais como matéria prima para detectar problemas que ocorrem dentro do ambiente de aprendizagem. Detectados os problemas, o processo descobre padrões e tendências associadas a estes problemas, com o intuito de prover ao professor informações relevantes para fazer boas decisões pedagógicas. Por fim, o processo monitora e avalia se a decisão ocasionou algum efeito ou não, comparando a performance dos estudantes antes e depois de serem expostos à decisão (PAIVA et al., 2016).

Neste trabalho, nos baseamos no PTDP para elaborar um novo processo de recomendação, e à partir dele utilizar sistemas de recomendação no qual é responsável por enviar recomendações pedagógicas em tempo real aos estudantes, com base no seu nível de engajamento. Este sistema de recomendação utiliza filtros demográficos (vide seção 2.2), pois se baseia no engajamento dos estudantes no momento de gerar a recomendação. O engajamento é calculado utilizando computação afetiva (vide seção 2.1), se enquadrando na modalidade visual, pois é baseado nas imagens dos rostos dos estudantes que são capturadas no momento da aula.



### 3 TRABALHOS RELACIONADOS

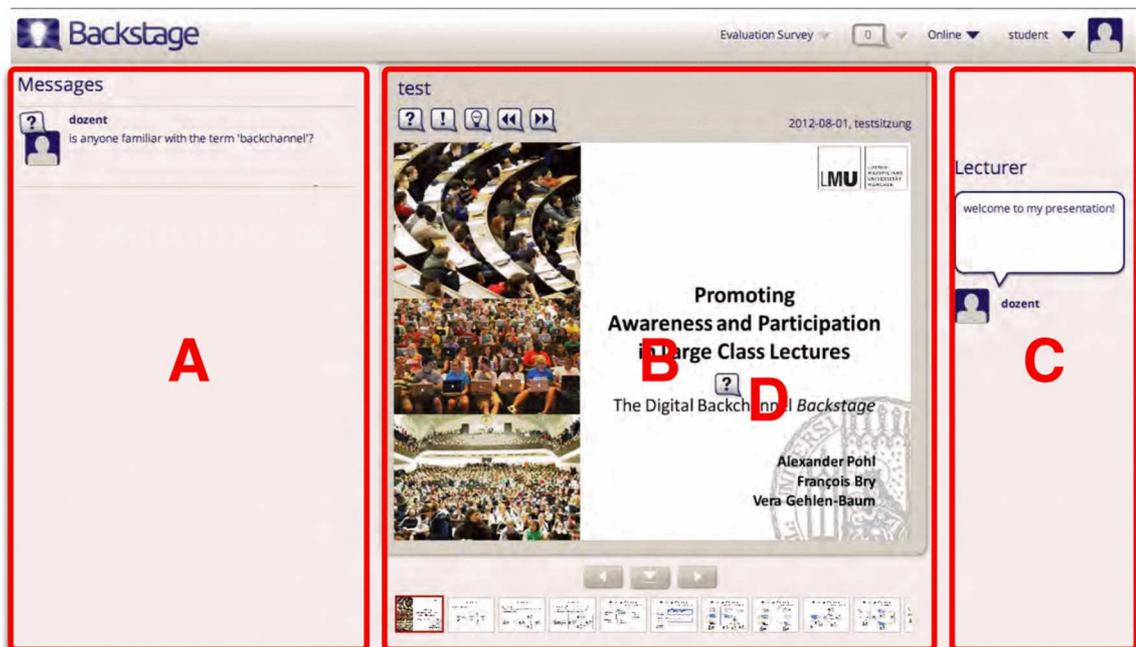
Neste capítulo trataremos das pesquisas que consideramos relacionados às ideias presentes neste trabalho. Pesquisamos por aqueles que abordassem o problema da distração com dispositivos móveis em sala de aula, ou aqueles que estudam o engajamento dos estudantes em sua proposta.

#### 3.1 Gehlen-Baum et al. (2014)

Em seu trabalho, Gehlen-Baum et al. (2014) utilizaram a ferramenta *Backstage* com o objetivo de aumentar a atenção dos alunos em sala de aula com o uso da tecnologia, atacando o problema da execução de atividades não relacionadas à aula utilizando dispositivos móveis em momentos inadequados. Como dispositivos móveis, Gehlen-Baum et al. (2014) consideram *laptops, smartphones e tablets*.

A ferramenta *Backstage* (Figura 6), introduzida por Pohl, Gehlen-Baum e Bry (2011), tem como objetivo promover uma participação ativa dos estudantes nas aulas (POHL; GEHLEN-BAUM; BRY, 2011). Esta ferramenta foi desenvolvida pelo Instituto de Informática da Universidade de Munique<sup>1</sup> em parceria com o Departamento de Tecnologia Educacional da Universidade de Saarland<sup>2</sup>.

Figura 6 – Exemplo de tela da ferramenta *Backstage*



Fonte – (POHL et al., 2012)

<sup>1</sup> <<http://pms.ifi.lmu.de>>

<sup>2</sup> <<http://edutech.uni-saarland.de>>

Através da observação em sala de aula, e por meio de gravação de vídeo dos alunos, foi possível notar que a ferramenta *Backstage* conseguiu manter o foco dos alunos na aula por mais tempo, pois eles, constantemente, aguardavam atualizações no sistema. Com isso, Gehlen-Baum et al. (2014) conseguiram resultados positivos reduzindo o nível de distração dos dispositivos móveis em sala de aula (GEHLEN-BAUM et al., 2014).

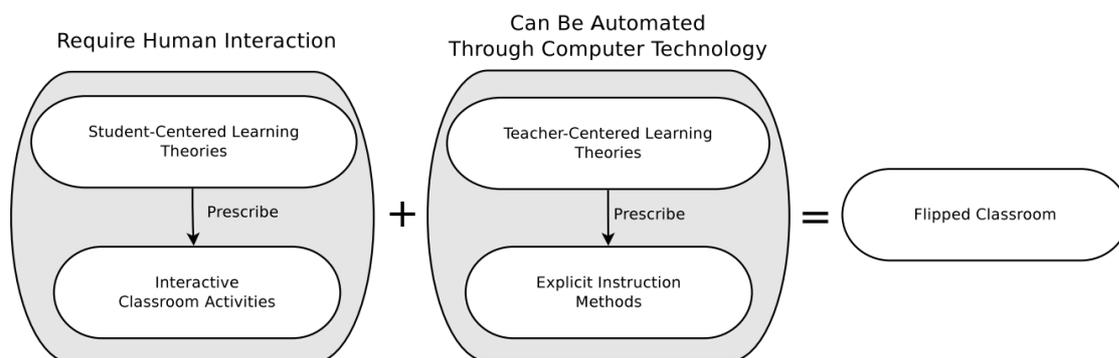
Como limitação deste trabalho, identificamos a necessidade da avaliação humana para verificar. Além disto, é necessário o uso de um computador na sala de aula para acessar o sistema *Backstage*, tornando a solução mais difícil de ser escalada, havendo a necessidade de uma sala de aula com computadores para pôr a solução em prática.

### 3.2 Grinols e Rajesh (2014)

Em seu trabalho, Grinols e Rajesh (2014) abrangem duas questões de pesquisa relacionadas à *multitasking* com *smartphones* (na qual resulta na distração, como foi visto na seção 1.2): (i) “**Multitasking com smartphones impede a aprendizagem?**” e (ii) “**Eles podem ser usados para melhorar a aprendizagem em vez disso?**”.

Grinols e Rajesh (2014) sugerem o uso de *flipped classrooms*<sup>3</sup>, onde os alunos estudam e aprendem o conteúdo da aula, e o momento da aula é utilizado para a aplicação do conhecimento, exercícios, etc. *Flipped classroom* pode ser definida como uma técnica educacional que consiste em duas partes: (a) atividades interativas em grupo dentro da sala de aula, caracterizadas pelo uso de teorias centradas nos estudantes; e (b) instruções diretas fora da sala de aula, que podem ser executadas com o auxílio de computadores, caracterizadas pelo uso de teorias centradas no professor (BISHOP; VERLEGER, 2013). A Figura 7 ilustra esta definição.

Figura 7 – Ilustração da definição de *flipped classrooms*



Fonte – (BISHOP; VERLEGER, 2013)

Especificamente, Grinols e Rajesh (2014) sugerem tópicos de assuntos gerais onde os alunos leem o material antes da aula. No momento da aula, os alunos utilizam seus *smartphones*

<sup>3</sup> Sala de aula invertida, na tradução para o português.

para fazer apresentações orais, atividades de raciocínio rápido, discussões em sala, escrita de resumos ou relatórios, executando estas atividades individualmente ou em grupo.

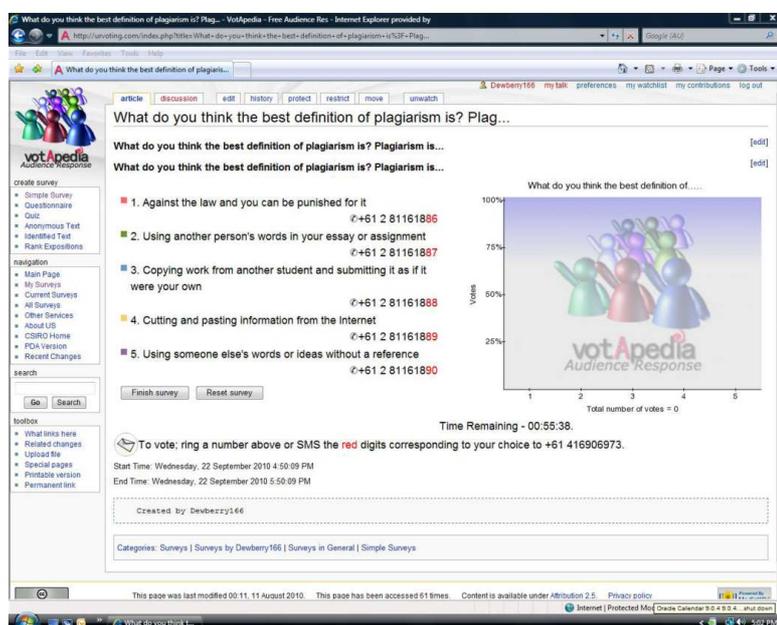
Apesar de apresentar uma proposta de solução clara para o problema através de hipóteses, os pesquisadores envolvidos não realizaram um estudo empírico para validar a sua proposta de solução e não possuem resultados. Desta forma não podemos saber a efetividade da mesma.

### 3.3 Dunn et al. (2013)

Na pesquisa realizada por Dunn et al. (2013), os autores examinam o uso de *Classroom Response Systems*<sup>4</sup> (CRS), em especial o *VotApedia* (HABEL, 2011). O objetivo do trabalho é estudar as vantagens do *VotApedia* em comparação com outros CRSs examinando o uso da ferramenta em três temas: (i) percepção dos estudantes pelo uso do *VotApedia*, (ii) o impacto do *VotApedia* no seu engajamento e (iii) o impacto do *VotApedia* na sua aprendizagem.

A ferramenta *VotApedia* (Figura 8), introduzida por Habel (2011), almeja aumentar o engajamento dos alunos na aprendizagem acadêmica, e permite a correção de conceitos aprendidos incorretamente. Ela foi desenvolvida pelo Centro de Aprendizagem e Desenvolvimento Profissional da Universidade de Adelaide<sup>5</sup>.

Figura 8 – Exemplo de questão no *VotApedia*



Fonte – (HABEL, 2011)

Por meio de um experimento realizado durante um semestre do curso *SC110 Science Research Methods* da Universidade de Sunshine Coast, Dunn et al. (2013) concluíram que o uso

<sup>4</sup> Sistemas de respostas em sala de aula, na tradução para o português.

<sup>5</sup> <<https://www.adelaide.edu.au/records/archives/guide/provlist.htm#UAR0661>>

do *VotApedia* aumentou a frequência da participação direta dos alunos em sala de aula, ajudando aos alunos a prestarem mais atenção na aula.

## 4 PROPOSTA

Neste capítulo apresentaremos a nossa proposta de solução para o problema em questão. Será apresentado o processo que foi utilizado como base para originar nossa proposta, bem como a adaptação deste processo ao nosso contexto, detalhando todas as etapas do processo utilizado. Será apresentado também as características necessárias para que sejam desenvolvidos softwares baseados em nossa proposta de solução.

### 4.1 Abordando o problema

Na seção 1.2 apresentamos nosso problema: **distração causada por *smartphones* em sala de aula**. Vimos que os professores (e instituições) têm utilizado métodos com o objetivo de mitigar o problema (vide seção 1.2).

Sumarizando, temos os métodos restritivos, que exercem a prática da restrição para combater a distração (FANG, 2009), desde o controle do acesso à internet (UNIVERSITY OF CHICAGO, 2008) até a contenção dos próprios dispositivos (FANG, 2009). O problema disto é que pode afetar os alunos que utilizam os dispositivos para pesquisar algum material adicional à aula e/ou tomar notas, por exemplo (FANG, 2009).

Já os métodos alternativos estão relacionados à realização de atividades que diferem das que são realizadas em aulas tradicionais (FANG, 2009). Mencionamos na seção 1.2 o uso de vídeos e *quizzes* online, bem como o uso de *clickers* (FANG, 2009).

Desta forma, conduzimos nossa proposta para a utilização de métodos alternativos, mas utilizando abordagens diferentes das já utilizadas atualmente, coletando dados afetivos dos estudantes, em especial o **engajamento**, para enviar aos alunos recomendações que aumentem o seu engajamento em sala de aula, onde o envio das recomendações é feito por meio do próprio *smartphone* do aluno. Acreditamos que a recomendação irá manter o aluno mais engajado na aula e, conseqüentemente, terá menos distração com o dispositivo móvel.

### 4.2 Processo de recomendação

Como visto na seção 2.2, sistemas de recomendação são ferramentas de software e técnicas cujo objetivo é prover sugestões de itens a serem utilizados por um usuário (RICCI; ROKACH; SHAPIRA, 2011), e usam informações que descrevem situações dos usuários com a finalidade de gerar recomendações personalizadas e mais relevantes para os mesmos (ADOMAVICIUS; TUZHILIN, 2011).

Visto isso, propomos a utilização de sistemas de recomendação baseada no engajamento dos estudantes em sala de aula, visando reduzir a distração causada por dispositivos móveis, seguindo um processo de recomendação baseado no PTDP (vide seção 2.3).

Através deste processo, sistemas de recomendação que proponham utilizar recomendação baseada no engajamento podem seguir as etapas definidas para enviar as recomendações aos estudantes. Desta forma, estes sistemas devem cumprir com alguns requisitos (detalhados na subsecção 4.3.1) e seguir uma arquitetura de sistemas estruturada (detalhada na subsecção 4.3.2) que suporte as etapas do processo que necessitam de um meio computacional.

Até que a recomendação chegue até o aluno, uma série de etapas são seguidas para que a recomendação enviada seja a apropriada para ele. Assim como no PTDP, temos a fase de construção e a fase de execução. A fase de construção depende da ação humana para ser realizada, já a fase de execução é realizada automaticamente.

Na fase de construção, os professores são os responsáveis por definir cenários pedagógicos, que agrupam alunos que estão em situações semelhantes. Tais cenários são definidos a partir de intervalos numéricos denominados de intervalos de engajamento. Para cada cenário, também é estabelecido um conjunto de recomendações que serão enviadas aos alunos.

Na fase de execução o sistema de recomendação detecta periodicamente o engajamento dos alunos e, baseando-se nas definições feitas pelos professores na fase de construção e no nível de engajamento calculado, detecta em qual cenário o aluno se enquadra. A partir disto, tendo o cenário do aluno detectado, o sistema envia a recomendação.

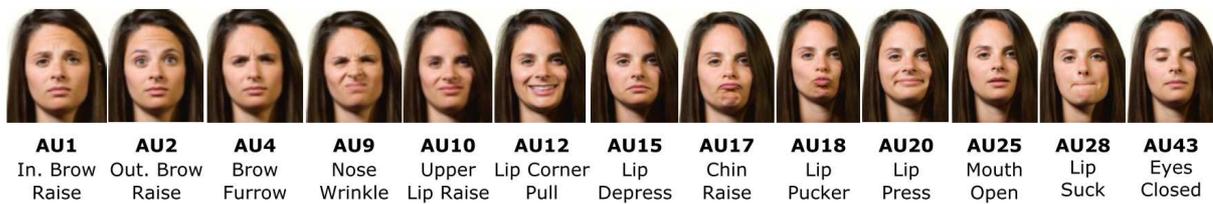
De acordo com Ralston (2006), cenários pedagógicos são uma cadeia de eventos que desdobram para uma conclusão imaginada. Adaptando esta definição ao nosso contexto, cenários pedagógicos são um conjunto de características afetivas providas através do reconhecimento de expressões faciais que determinam o engajamento do aluno. Chamamos este tipo de cenário como cenário de engajamento.

Com base na computação afetiva, é possível extrair expressões faciais que indicam se o aluno está engajado ou não, baseando-se na imagem de sua face. As expressões faciais são: (i) levantar ou (ii) franzir as sobrancelhas, (iii) enrugar o nariz, (iv) abaixar os cantos da boca, (v) levantar o queixo, (vi) contrair os lábios, (vii) pressionar os lábios, (viii) boca aberta, (ix) morder os lábios e (x) sorrir. A Figura 9 apresenta exemplos destas expressões faciais. O nível de engajamento deve estar contido em uma escala numérica de 0 a 100, que permite que o professor determine os intervalos de engajamento e associá-los aos cenários definidos.

Em seguida, com base nos cenários de engajamento estabelecidos na etapa anterior, o professor define as recomendações que serão enviadas aos alunos, caso o cenário seja detectado. Nesta etapa o professor deve estar ciente que as recomendações definidas por ele serão enviadas aos alunos com base no cenário de engajamento no qual ele estará inserido, assim que o cenário for detectado.

O professor como especialista pedagógico que participa do processo de recomendação, é o indivíduo que mais está apto para decidir quais recomendações devem ser enviadas com base no cenário de engajamento. Estas recomendações são elaboradas a critério do professor, e podem

Figura 9 – Exemplos de expressões faciais



Fonte – (MCDUFF et al., 2016)

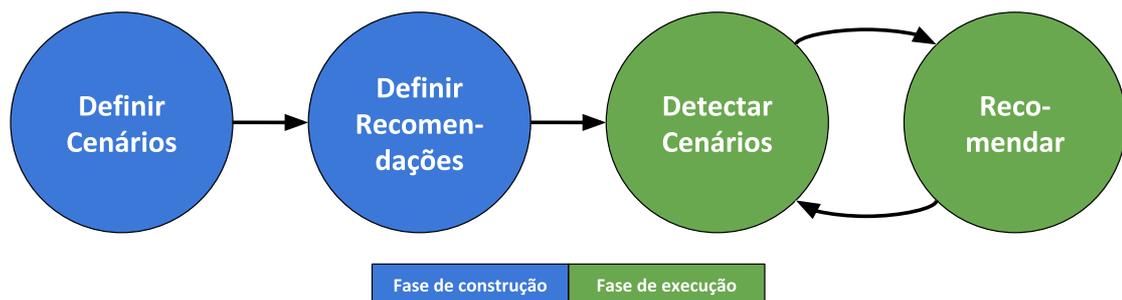
ser desde mensagens de alertas (“Este assunto faz parte da prova”) ou até ações que os alunos podem executar no momento da aula (“Você tem alguma dúvida sobre o assunto? Interrompa a aula e a esclareça”). A Tabela 3, presente no Capítulo 5, apresenta as recomendações utilizadas neste trabalho para a validação desta proposta.

Na fase de execução, a primeira etapa envolve a detecção automática do cenário de engajamento de cada estudante. Nesta etapa, primeiramente o aluno é identificado na sala de aula através do uso de câmeras presentes no local. Após a identificação do aluno, é calculado o seu nível de engajamento, chegando a um dos cenários estabelecidos pelo professor na primeira etapa do processo.

Em seguida, na segunda etapa da fase de execução, o sistema busca as recomendações associadas ao cenário detectado na etapa anterior e as envia aos usuários alvo: os estudantes, finalizando assim o ciclo completo do processo.

Estas duas últimas etapas (detecção do cenário e recomendação) se repetem durante o andamento da aula, mantendo a detecção do cenário de engajamento do aluno constante. A Figura 10 ilustra a adaptação do PTDP à nossa solução. É importante ressaltar que a recomendação é enviada ao aluno logo após ter sido detectado em qual cenário ele se encontra. A duração de um ciclo da fase de execução do processo depende da capacidade de processamento do sistema de recomendação que seguir o processo, podendo durar entre 10 e 30 segundos.

Figura 10 – Adaptação do PTDP



Fonte – Imagem criada pelo autor

Na adaptação ao PTDP, foram mantidas as etapas “definir cenário”, “criar decisão pedagógica” (“criar recomendação pedagógica”, no nosso contexto<sup>1</sup>), “detectar cenários” e “recomendar”. Algumas etapas do processo original foram suprimidas nesta adaptação, pois foi focado em manter o processo simplificado, agilizando a execução do mesmo.

Na fase de construção, a etapa “investigar cenário” não se tornou necessária pois a avaliação do cenário é feita baseada a partir dos intervalos de engajamento, definidos na etapa anterior, implicitamente pelo sistema de recomendação. A etapa “definir avaliação” também foi suprimida, pois a forma de avaliação da distração é por meios observacionais, onde o computador não pode fazer automaticamente.

Na fase de execução, a etapa “descobrir padrões” foi removida pois a recomendação se baseia apenas pelo nível de engajamento que o aluno possui no momento que for calculado, não havendo a necessidade de processamentos complexos de inteligência artificial. Por fim, a remoção da etapa “monitorar e avaliar” se deu pelo fato da etapa “definir avaliação”, da fase de construção, ter sido removida, não havendo como avaliar de forma computacional a distração dos alunos.

### **4.3 Sistema de recomendação**

Para seguir o processo apresentado na seção 4.2, levando aos estudantes recomendações de acordo com seu estado de engajamento, é necessária uma ferramenta computacional que tenha o papel de executar o processamento necessário para a detecção do engajamento e enviar a recomendação até o aluno. Esta ferramenta computacional é caracterizada como um sistema de recomendação.

Nesta seção serão apresentados os requisitos necessários para que sistemas de recomendação sejam implementados (subseção 4.3.1), bem como uma proposta de arquitetura (subseção 4.3.2) onde tais sistemas podem usá-la como referência para implementar o módulo do sistema responsável por recomendar.

#### **4.3.1 Requisitos**

Para que o sistema de recomendação funcione apropriadamente, os requisitos foram definidos separados por atores, que são entidades que possuem algum tipo de papel no processo de recomendação. Os requisitos estão apresentados na forma de casos de uso (Figuras 11, 12 e 13).

Como principal ator, temos o sistema de recomendação que é responsável por validar a foto base do cadastro do aluno<sup>2</sup>. Através desta validação, o sistema aprende que rostos

---

<sup>1</sup> Consideramos como recomendação pedagógica qualquer ação ou conselho provido pelo professor com a finalidade de ajudar o aluno.

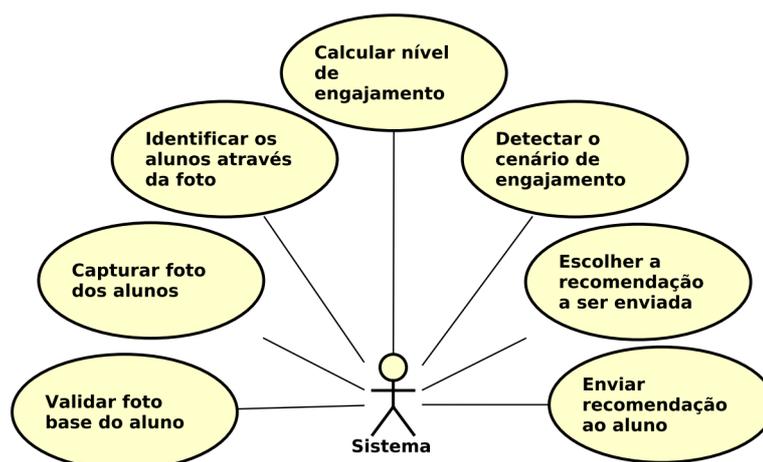
<sup>2</sup> Para que o sistema possa reconhecer o estudante e enviar as recomendações até ele, é necessário que o aluno crie um conta no sistema e forneça uma foto de seu rosto, utilizada para calibrar o identificador facial.

com características semelhantes ou iguais correspondem a este aluno. Desta forma é possível identificar o aluno na sala de aula através de capturas de imagens.

O sistema é o responsável por capturar as imagens<sup>3</sup> dos alunos na sala de aula e identificá-los. Isto é necessário para relacionar a face capturada com o aluno cadastrado no sistema. Após os alunos terem sido identificados, o sistema calcula o nível de engajamento de cada um para poder detectar o cenário no qual eles estão inseridos naquele momento.

Por fim, o sistema escolhe a recomendação que deve ser enviada dentre as recomendações que foram cadastradas pelo professor previamente, e então envia a mais apropriada, considerando o nível de engajamento do estudante (níveis de engajamentos mais baixo, requerem recomendações que promovam maior engajamento; níveis de engajamento mais altos, requerem recomendações que mantenham ou ajustem o engajamento do estudante). O diagrama de casos de uso que representa os requisitos do sistema é apresentado na Figura 11.

Figura 11 – Casos de uso do sistema



Fonte – Imagem criada pelo autor

O segundo ator é o professor. Ele define os cenários de engajamento que serão detectados posteriormente pelo sistema, associando o intervalo de engajamento de cada cenário. E então ele define quais recomendações serão enviadas aos alunos, podendo ser 0 ou mais recomendações por cenário. O diagrama de casos de uso do professor está na Figura 12.

O terceiro ator é o Aluno que tem como requisito criar um cadastro com uma foto do seu rosto, a qual nomeamos de “foto base”. Esta foto é necessária para que o sistema o identifique após capturar as imagens da sala de aula, e é obtida dependendo da implementação do sistema de recomendação (pode ser através de uma aplicação de *smartphone* ou *desktop*). O aluno também recebe as recomendações que são enviadas até ele pelo sistema. O diagrama de casos de uso do estudante se encontra na Figura 13.

<sup>3</sup> Obtidas através de uma câmera de vídeo de alta definição, instalada na sala de aula.

Figura 12 – Casos de uso do professor

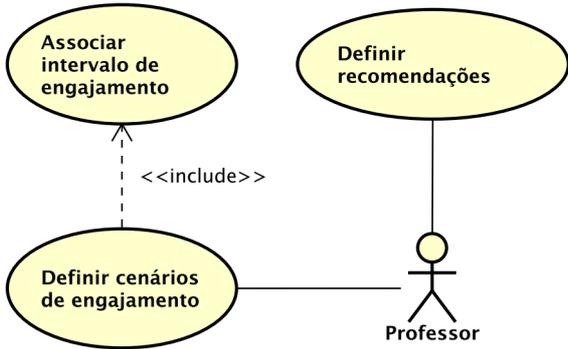
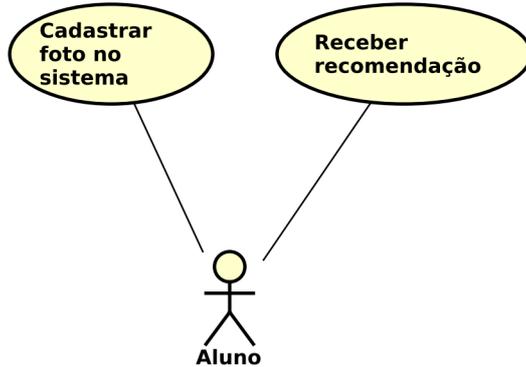


Figura 13 – Casos de uso do aluno

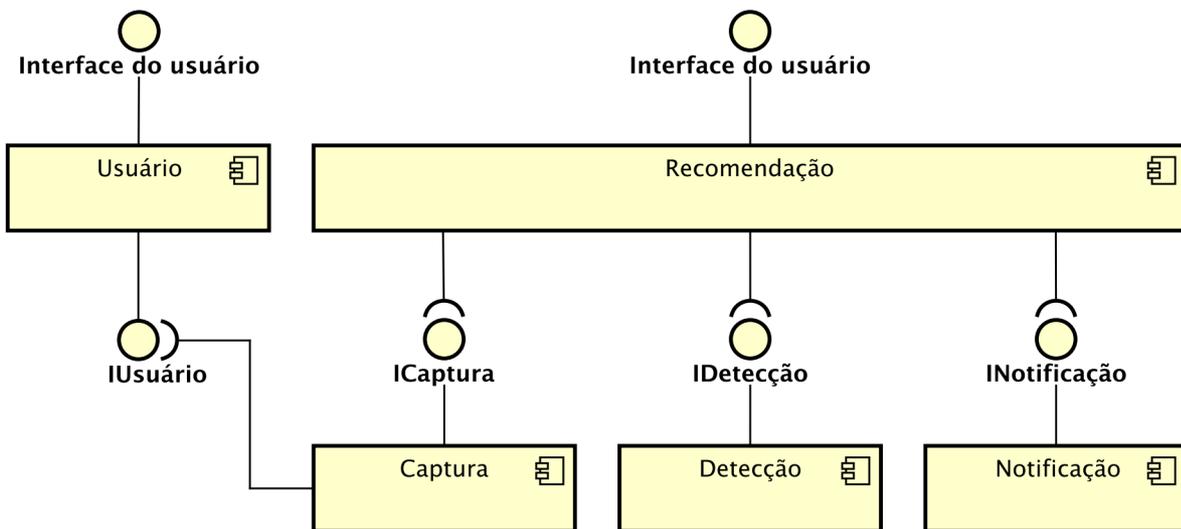


Fonte – Imagens criadas pelo autor

### 4.3.2 Arquitetura

Visando a implementação de um sistema de recomendação baseado no engajamento dos estudantes, e que cumpra com os requisitos especificados na subseção 4.3.1, propomos um modelo de arquitetura de software que satisfaça as etapas do processo de recomendação proposto. Esta arquitetura contém componentes com responsabilidades próprias e definidas, e está representada pelo diagrama de componentes na Figura 14.

Figura 14 – Componentização do sistema de recomendação



Fonte – Imagem criada pelo autor

O componente “**Usuário**” realiza a validação da foto base do aluno, garantindo que a foto a ser armazenada é uma foto válida, ou seja, é a foto de um rosto. Então este componente armazena esta foto para que o sistema possa identificar o aluno através de uma imagem. Este

componente provê uma interface na qual o componente “**Captura**” (explicado posteriormente) tenha acesso com a finalidade de identificar o aluno à partir de uma imagem.

O componente “**Recomendação**” armazena os cenários e recomendações definidos pelo professor. Para isto, há uma interface que provê o cadastro dos cenários e recomendações pelo professor. Ele é o principal componente da arquitetura, pois é o responsável por coordenar o processo de recomendação. Em conjunto com os outros componentes do sistema, são executadas passo a passo as tarefas para que a recomendação seja enviada com sucesso.

O componente “**Captura**” executa a captura das imagens da sala de aula em um determinado momento. Nele é realizada a comunicação entre o sistema e as câmeras utilizadas para obter a imagem com todos os alunos presentes nela. Em seguida ele identifica cada estudante na imagem retornando fotos individuais de cada aluno.

O componente “**Detecção**” é responsável por calcular o nível de engajamento de cada aluno à partir das fotos individuais de cada aluno (obtidas por “**Captura**”) e detectar em quais cenários os estudantes estão inseridos. Com os cenários identificados, é possível determinar quais recomendações serão enviadas aos alunos.

A recomendação é enviada diretamente, ao celular do aluno. Essa ação é realizada pelo componente “**Notificação**”. Neste componente são implementados os mecanismos que utilizam as vias que a recomendação chegará ao aluno. Estas vias podem ser notificações, mensagens instantâneas, *e-mails*, etc. Quando este componente executa o processo de envio da recomendação, o ciclo do processo é finalizado.

No componente “**Recomendação**” inicia-se a fase de execução do processo de recomendação, executando periodicamente a etapa de detecção dos cenários de engajamento. Primeiramente ele se comunica com “**Captura**” para obter as fotos individuais dos alunos presentes na sala de aula. Em seguida, para cada foto individual, “**Recomendação**” delega ao componente “**Detecção**” o cálculo do nível de engajamento e a detecção do cenário de engajamento do aluno, finalizando a etapa de detecção de cenários.

Então, já na etapa de recomendação, o componente “**Recomendação**”, de acordo com a estratégia implementada no componente, define qual recomendação será enviada ao aluno, repassando-a para “**Notificação**”, permitindo que a recomendação seja enviada ao aluno.

## **Reuso de tecnologias**

Uma das principais recomendações na engenharia de software é reusar softwares ou partes de software já existentes, provendo uma economia de tempo de implementação. Para o contexto deste trabalho, que envolve processamento de imagens, podemos ver que há várias ferramentas que são capazes de fornecer dados afetivos através de imagens ou vídeos (PORIA et al., 2017).

Visando a implementação de um sistema de recomendação que se baseia em dados afeti-

vos, APIs<sup>4</sup>/SDKs<sup>5</sup> podem ser utilizados dentro do componente “Detecção”, provendo economia de tempo de implementação de uma versão de testes mais elaborada.

A API *Kairos*<sup>6</sup> provê serviços para análise de expressões faciais, reconhecimento de emoções, detecção de gênero e idade. Uma das principais funcionalidades que ela provê é o reconhecimento facial, que pode ser utilizada para reconhecer os estudantes nas capturas da sala de aula.

A API *Afectiva*<sup>7</sup> também provê serviços para reconhecimento de emoções, mas diferentemente da *Kairos*, ela é capaz de realizar o cálculo do nível de engajamento baseando-se em expressões faciais (Figura 9), e defini-lo em uma escala de 0 a 100, sendo 0 a total ausência de engajamento e 100 o engajamento total do indivíduo com a tarefa sendo realizada.

Atualmente existem boas soluções *open source*<sup>8</sup> que podem auxiliar no desenvolvimento da ferramenta de recomendação. O *Parse server*<sup>9</sup> é um servidor *back-end* que fornece uma API Rest flexível que permite que dados sejam salvos em um banco de dados automaticamente. Com ele também é possível desenvolver funções específicas de acordo com a necessidade.

Uma vantagem do *Parse server* é que ele possui um módulo de notificações instantâneas (mais conhecidas como notificações *push*). Este tipo de notificação pode ser utilizado como o método de envio da recomendação escolhida para o aluno, desde que haja uma conexão com a internet no *smartphone* do aluno.

## Envio das recomendações

O envio da recomendação ao aluno, por parte do sistema de recomendação, pode ser realizado de diferentes formas, podendo ser via aplicativo de *smartphone*, via SMS ou computador *desktop* ou *notebook*, caso o aluno esteja utilizando no momento da aula, desde que ela chegue diretamente ao aluno.

Em nossa proposta, visamos o envio das recomendações por meio do *smartphone* do aluno, pois dessa forma aumentamos a garantia que a recomendação adequada vai ser enviada diretamente ao aluno.

Anteriormente mencionamos o módulo de notificação do *Parse server*. Caso esta solução seja utilizada como *back-end* do sistema de recomendação, as recomendações podem ser enviadas via notificação *push*, por intermédio de uma aplicação instalada nos *smartphones* dos alunos.

<sup>4</sup> *Application Programming Interface*: provê uma interface de software que permite que outros software se integrem a ela.

<sup>5</sup> *Software Development Kit*: kit de desenvolvimento de software que provê implementações desenvolvidas por terceiros e que podem ser reutilizadas.

<sup>6</sup> <<http://kairos.com/>>

<sup>7</sup> <<https://www.affectiva.com/>>

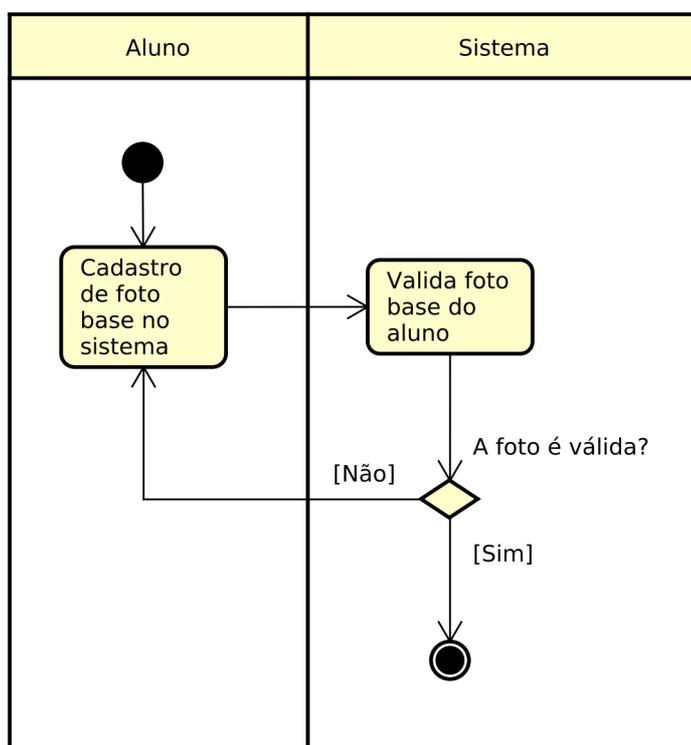
<sup>8</sup> Código aberto, na tradução para o português.

<sup>9</sup> <<http://parseplatform.org/>>

### 4.3.3 Fluxos do sistema para executar o processo

Para facilitar a compreensão do processo de recomendação aplicado a um sistema computacional, apresentaremos a seguir o fluxo de execução do processo representado por diagramas de atividades, mostrando a relação entre os casos de uso (vide subseção 4.3.1). A Figura 15 mostra os passos para o aluno registrar a sua foto base, que precede o início do processo. A Figura 16 mostra os passos do processo de recomendação executados pelo professor, sistema e alunos.

Figura 15 – Fluxo de cadastro da foto base do aluno



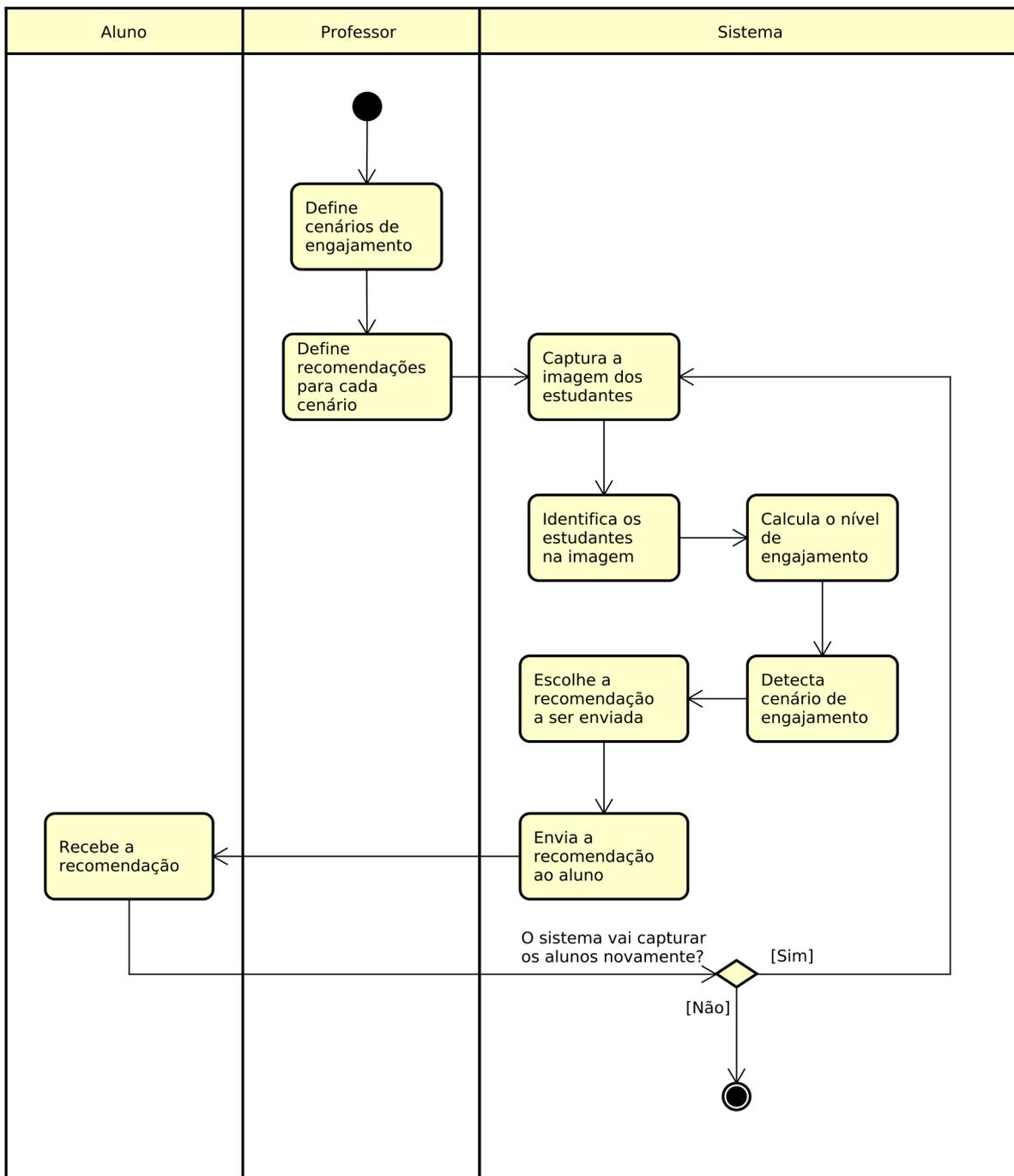
Fonte – Imagem criada pelo autor

O primeiro passo é executado pelo aluno, quando requisita o cadastro de sua foto no sistema. Em seguida o sistema executa um procedimento de validação desta foto, onde ele deve identificar um rosto da foto enviada, e então associar este rosto com o aluno que fez a requisição. Se o sistema considerar esta foto como uma foto válida, o fluxo é finalizado, caso contrário, o aluno deve tentar realizar o cadastro novamente, até que o sistema o valide.

O processo de recomendação é iniciado pelo professor, no momento que ele define os cenários de engajamento. Em seguida o professor define as recomendações para cada cenário definido anteriormente (fase de construção). Neste momento a intervenção do humano no processo de recomendação é concluída, e o sistema inicia a execução automática das atividades.

O sistema então inicia a captura dos alunos assim que aula é iniciada, seguindo as etapas de detecção de cenários e recomendação, até que, por fim, envie a recomendação para o aluno

Figura 16 – Fluxo do processo de recomendação em um sistema computacional



Fonte – Imagem criada pelo autor

(fase de execução). Após a recomendação ter sido recebida pelo aluno, o sistema verifica se ele deve realizar uma nova captura dos alunos. Esta decisão depende da regra de negócio do sistema de recomendação. A única condição requerida é que a captura deve ser feita no momento da aula. Caso não seja necessário realizar uma nova captura, o fluxo é finalizado.

## 5 EXPERIMENTO

Neste capítulo introduziremos o nosso *design* de experimento, o qual seguimos para conduzir a validação da nossa solução. Apresentaremos nossos objetivos em relação à validação da proposta, questão de pesquisa incluindo as hipóteses a serem testadas, bem como detalhes do nosso plano de execução do experimento.

### 5.1 Objetivos da investigação

A pesquisa é de caráter experimental e tem como objetivo geral **avaliar o impacto de recomendações em tempo real, baseadas no engajamento dos estudantes, com o foco na redução da distração causada por dispositivos móveis**, em particular, *smartphones*.

Diante do que foi apresentado como proposta de solução ao problema (vide Capítulo 4), este experimento tem como propósito analisar dados gerados à partir da execução do processo criado (vide seção 4.2), buscando validar a proposta apresentada. Através do cálculo do nível de engajamento, é analisado como a recomendação pedagógica, baseada no resultado desta computação, interfere na distração dos alunos em sala de aula, incentivando-o a manter o foco ao que é passado pelo professor.

Após analisar os níveis de distração dos alunos durante todo o período da aula, estes registros serão associados aos níveis de engajamento detectados. Assim será possível verificar se a recomendação pedagógica diminuiu a distração dos alunos na aula. Também verificaremos se, à partir das recomendações, os níveis de engajamento dos alunos aumentaram.

### 5.2 Questão de pesquisa e hipóteses

Com base no problema e nos objetivos do experimento (vide seção 5.1), nos deparamos com a seguinte questão de pesquisa: ***Como engajar estudantes utilizando os dispositivos móveis do próprio estudante, reduzindo a distração causada por esses dispositivos?*** Buscamos responder-la por meio deste experimento, com a finalidade de avaliar como a recomendação em tempo real impacta na distração em sala de aula, focando no engajamento dos estudantes.

Dessa forma, a recomendação pedagógica baseada no nível de engajamento do aluno e o seu nível de distração são os nossos construtos. O nível de engajamento é calculado através de uma média ponderada da presença de expressões faciais (Figura 9), representada por um valor numérico de 0 a 100. O nível de distração é calculado baseando-se na quantidade de vezes e por quanto tempo que o aluno se distrai, consultando o celular, representado por números inteiros maiores ou iguais a zero. Então temos as seguintes hipóteses:

H1.0 Não há diferença entre os níveis de distração ao utilizar a recomendação baseada no nível de engajamento com dispositivos móveis;

H1.1 Há diferença entre os níveis de distração ao utilizar a recomendação baseada no nível de engajamento com dispositivos móveis.

### 5.3 Fatores e níveis de fatores

Com base nas hipóteses apresentadas, temos como nosso único fator o envio ou não da recomendação pedagógica definida pelo professor, após a detecção do nível de engajamento do estudante. Como nosso fator possui características binárias (envio ou não), nossos níveis de fatores se caracterizam pelo uso ou não da recomendação pedagógica.

### 5.4 Variáveis de resposta

Busca-se analisar o nível de distração do aluno na sala ao decorrer da aula. O nível de distração é calculado baseando-se no tempo total em que o aluno permaneceu distraído. Esta variável é representada por um valor numérico inteiro indicando a quantidade de segundos que o aluno permaneceu distraído. Ela é obtida através da observação dos alunos na sala de aula. Na seção 5.6 serão apresentados detalhes sobre a observação dos alunos.

### 5.5 Definição formal das hipóteses

Formalmente, as hipóteses definidas na seção 5.2 podem ser definidas conforme a Tabela 1, onde a hipótese nula diz que os níveis de distração com e sem recomendação são iguais (H1.0), a hipótese alternativa diz que são diferentes (H1.1).

Tabela 1 – Formalização das hipóteses

Nula	Alternativa
$ND(\neg R) = ND(R)$	$ND(\neg R) \neq ND(R)$

Legenda – **ND** = Nível de Distração; **R** = Recomendação pedagógica com dispositivos móveis.

### 5.6 Unidades experimentais

O tipo de estudo é comparativo experimental, pertencente ao tipo *Pretest-Posttest Only Design*, comparando o nível de distração de dois grupos distintos (controle e experimental) em dois momentos de detecção de engajamento diferentes, um momento sem o envio de recomendações pedagógicas aos alunos e outro momento com o envio de recomendações. O grupo de controle não recebe recomendações durante todo o experimento.

A divisão dos momentos foi feita baseada no período total da aula, buscando distribuir o tempo igualmente para os dois momentos de detecção. Também foi acordado com o professor que, baseado em seu planejamento, fosse comunicado quando a metade da aula estivesse próximo. No

geral, as aulas das turmas testadas têm duração total de 100 minutos, resultando em 50 minutos para cada momento de detecção.

Parte dos dados foi obtida através dos registros de dados gerados por um sistema de recomendação que implementa o processo de recomendação proposto (vide seção 4.2). Os dados registrados pelo sistema incluem, para cada captura da sala realizada: o nível de engajamento de cada aluno detectado, os cenários de engajamento nos quais eles estavam inseridos, bem como as recomendações e os instantes que elas foram enviadas até os alunos.

A outra parte dos dados foi obtida por meio da observação das interações dos alunos com seus *smartphones* através da análise dos vídeos gravados no período do experimento, onde foi possível obter o nível de distração (vide seção 5.4) para cada momento da aula. Para isto foi necessário reproduzir o vídeo diversas vezes, analisando pares de alunos, e em alguns momentos um por vez. Todas as interações dos alunos com seus *smartphones* foram registradas em uma planilha do *Google Spreadsheed* onde, para cada aluno, foi registrado o momento do vídeo que a interação iniciou, finalizou e por quanto tempo durou, caracterizando este experimento como quantitativo.

Por intermédio desta análise, também foi possível extrair dados comportamentais dos alunos relacionados às interações com os *smartphones* como, por exemplo, os momentos que algum deles distraíam os colegas com seu aparelho, tornando este experimento um experimento quantitativo e qualitativo.

## 5.7 Plano de execução

A execução deste experimento, para cada turma participante, seguiu os seguintes passos:

1. Definir os cenários de engajamento a serem detectados;
2. Definir um conjunto de recomendações para cada cenário estabelecido;
3. Ler, entregar e recolher o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) dos estudantes que aceitaram participar do experimento (o Apêndice A apresenta o modelo que foi seguido);
  - Neste momento é comunicado aos alunos que alguns deles irão receber recomendações por meio de seus *smartphones*.
4. Instalar a aplicação de teste em seus *smartphones* e realizar seu cadastro no sistema com a finalidade de receber as recomendações enviadas a eles;
  - No momento do cadastro o aluno é alocado aleatoriamente para o grupo de controle ou experimental.
5. Ministras as aulas nos dias planejados e tais aulas foram gravadas por uma câmera de vídeo;

6. Realizar análises periódicas detectando os níveis de engajamento de cada aluno automaticamente;
  - O período do experimento foi dividido em duas partes, a primeira não utilizou recomendação, a segunda sim.
7. Armazenar os resultados das análises de engajamento e o registro das recomendações enviadas;
8. Assistir as gravações das aulas.

Após a execução do experimento, obtivemos dados qualitativos, provenientes da observação e análise dos vídeos gravados, bem como dados quantitativos, provenientes também da análise dos vídeos, mas também dos registros gerados. Esperou-se que houvesse diminuição do nível de distração dos estudantes ao receberem as recomendações, e que a hipótese alternativa fosse comprovada.

## **5.8 Coleta de dados**

Nossa população foi constituída por alunos do ensino superior da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), que é a universidade na qual estamos inseridos, sendo nossa amostra composta por alunos das três diferentes áreas de atuação: ciências exatas, humanas e biológicas.

Para cada área, tivemos acesso a uma turma de alunos. Na área de ciências exatas, nossa amostra se constituiu por alunos do curso de Matemática. Na área de ciências humanas, alunos de Administração. Na área ciências biológicas, alunos de Enfermagem.

## **5.9 Execução do experimento**

Para a realização do experimento utilizamos turmas reais, conseqüentemente em um ambiente real, ou seja, os alunos estavam matriculados na disciplina e as aulas ministradas continham assuntos de tal disciplina. O calendário de aulas dos alunos foi afetado o mínimo possível. Eles permaneceram com os mesmos horários e locais de aula e mesmo professor.

Ao executar o experimento, o que esteve alterado foram as recomendações enviadas aos estudantes, e que havia uma câmera presente na sala para realizar a gravação da imagem dos alunos. Os alunos participantes do experimento estavam agrupados em um local específico para que a câmera pudesse capturá-los. Os alunos que não participaram do experimento permaneceram na sala, mas em um local fora do foco da câmera.

## **Implementação do processo de recomendação**

Para que a nossa hipótese (seção 5.2) fosse testada, tornou-se necessária a implementação do processo de recomendação elaborado na seção 4.2 por meio de um sistema de recomendação,

seguindo os requisitos de sistema e arquitetura, definidos na seção 4.3. Sendo assim, foi posta em prática a proposta de solução deste trabalho, permitindo que pudesse ser avaliada.

Seguindo com o plano de execução deste experimento (vide seção 5.7), no passo 4 os alunos instalaram uma aplicação em seus *smartphones*. Esta aplicação foi desenvolvida com a finalidade de ser utilizada como meio de envio da recomendação para o aluno, utilizando meios computacionais. Sendo assim, a recomendação é enviada diretamente a ele.

No passo 1, em concordância com o professor, foram definidos 5 cenários de engajamento e seus respectivos intervalos de engajamento: (i) não-engajado, (ii) pouco engajado, (iii) indiferente, (iv) muito engajado e (v) engajado, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Cenários de engajamento

Intervalo de engajamento	Cenário
[0, 20)	Não-engajado
[20, 40)	Pouco engajado
[40, 60)	Indiferente
[60, 80)	Muito engajado
[80, 100]	Engajado

Para o passo 2, foram elaboradas as recomendações para cada cenário definido. As recomendações continham título e a ação a ser executada. A Tabela 3 apresenta as recomendações utilizadas.

Com os cenários de engajamento e as recomendações definidos, iniciaram-se as aulas presenciais. Estivemos presentes nas aulas para montar a estrutura composta pela câmera e pelo computador responsáveis pela captura da imagem dos alunos no momento da aula.

## 5.10 Análise dos resultados

Ao final do experimento tivemos (i) vídeos com as imagens dos alunos e (ii) registros com os valores do níveis de engajamento dos alunos. A partir destes dados foi realizada uma análise quantitativa e qualitativa do processo estudado (vide seção 5.6).

Com os dados em mãos, foram realizados cálculos de estatística descritiva, bem como o teste de normalidade *Shapiro-Wilk* afim de verificar se os dados seguem uma distribuição normal. Pelo resultado da normalidade dos dados, foram realizados os teste *Independent T-Test* e *Paired T-Test* para analisar nível de significância dos resultados.

Os resultados e discussões obtidos à partir da análise dos dados gerados por este experimento serão apresentados no Capítulo 6.

## 5.11 Instrumentação

Para a realização do experimento foram necessários os seguintes instrumentos:

- Câmera *full HD* Logitech C920 para gravação de imagem dos alunos;
- MacBook Pro (*Late 2011*) com processador Intel Core i5 de 2.4GHz, 16GB de memória RAM e sistema operacional macOS El Capitan instalado para:
  - Realizar a captura das imagens da câmera;
  - Analisar os dados gerados utilizando o software de análise estatística **R**.
- *Open Broadcaster Software*<sup>1</sup>, versão 20.0.1, para a gravação das imagens;
- Servidor virtual hospedado na *DigitalOcean* com 2GB de memória RAM, 2 processadores compartilhados e sistema operacional Linux Ubuntu Server instalado para hospedar o sistema de recomendação implementado;
- *Google Spreadsheet* para auxiliar na análise quantitativa e qualitativa, oferecendo uma planilha online e uma maneira organizada de salvar os dados.

## 5.12 Ameaças à validade

### Internas

- **Instrumentação:** a quantidade de câmeras pôde não ser suficiente para capturar os melhores ângulos da sala. Buscou-se manter os alunos mais próximos um do outro para ter uma garantia maior de que a câmera capturaria todos os participantes do experimento;
- **Mortalidade:** alunos podiam desistir de participar do experimento no decorrer do mesmo, de acordo com o que foi acordado no TCLE (Apêndice A). O aluno era livre de desistir a qualquer momento;
- **Tempo:** O tempo do experimento foi curto (100 minutos de aula). Isto diminuiu o poder estatístico reduzindo as chances de generalização dos resultado para uma amostra com cenários distintos.

### De construto

- (i) **Testagem:** alunos podem ter tentado adivinhar o que estávamos querendo medir à partir do experimento. Visando diminuir esta ameaça, conduzimos a apresentação do experimento focando no impacto que a recomendação em tempo real, sem mencionar a distração por dispositivos móveis.

### Externas

- **Interação de seleção e tratamento:** pelo fato do experimento ter ocorrido com três turmas, e pelo pouco tempo de experimento, não podemos generalizar para outros cursos ou outros níveis de ensino (fundamental, médio, etc.).

<sup>1</sup> Software desenvolvido para realizar *streams* de eventos ao-vivo com controle de câmera e sincronização de áudio, mas que possui um módulo para gravação de vídeos em disco

**De conclusão**

- **Baixo poder estatístico:** a amostra pode ter sido pequena, havendo a necessidade de amostras mais representativas.

Tabela 3 – Recomendações pedagógicas

Cenário de engajamento	Título	Ação
Não-engajado	Tem alguma dúvida? Tem alguma dúvida? Tópico Tem dúvida sobre esse assunto?	Esclareça com o professor em um momento oportuno. Anotar uma dúvida e esclareça com o professor. Anotar um tópico que você ainda tem dúvida e pesquise sobre isso quando for estudar. Esclareça com o professor assim que for possível.
Pouco engajado	Tem dúvida sobre esse assunto? Termos Área de atuação	Peça licença ao professor e tire a sua dúvida. Anotar termos que você ainda não sabe o significado e pesquise sobre eles em um momento oportuno. Veja como o assunto atual se aplica à sua área de atuação. Anote em seu caderno.
Indiferente	Tópicos Termos	Anotar os tópicos dados até agora na aula e pesquise mais sobre eles depois da aula. Anotar termos nas quais você deseja aprender mais e pesquise sobre eles em um momento oportuno.
Muito engajado	Dia a dia Resolver questões	Pense em como o assunto atual poderia melhorar o dia a dia dos profissionais da sua área. Anote ideias. Quando for estudar, resolva 5 questões sobre esse assunto.
Engajado	Manter a atenção é importante	Permaneça atento ao assunto e você verá o resultado.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados da análise dos dados obtidos pelo experimento apresentado no Capítulo 5, bem como a execução de tal detalhando a análise quantitativa e qualitativa realizada. Por fim, discutiremos a análise apresentando as conclusões nas quais alcançamos.

### 6.1 Execução do experimento

Conforme apresentamos na seção 5.8, foi planejado executar o experimento em uma turma de cada área de atuação: ciências exatas, humanas e biológicas, sendo estas dos cursos de Matemática, Administração e Enfermagem, respectivamente. Estivemos presencialmente nos locais das aulas para acompanhar a execução do experimento. Seguimos rigorosamente o plano de execução no qual definimos (seção 5.7).

A primeira turma a ser avaliada foi a turma de Administração. Na aula em que o experimento foi conduzido haviam 17 alunos e todos concordaram em participar do experimento, mas devido a compatibilidade da aplicação com os *smartphones*<sup>1</sup> dos alunos, nem todos participaram. Neste dia o experimento durou 1 hora e 40 minutos.

Neste primeiro experimento foram encontradas algumas dificuldades ao executá-lo em relação à instrumentação utilizada. A câmera utilizada possui uma função de foco automático e “pontual”, onde ela ajusta o foco no centro da imagem automaticamente, focalizando em objetos que estão a certa distância da câmera. Com isso, o algoritmo de detecção de faces não foi capaz de identificar grande parte dos alunos.

O algoritmo de detecção dos níveis de engajamento não foi capaz de identificar o nível dos alunos identificados, pois as imagens destes estavam desfocadas, impossibilitando que o algoritmo efetuasse seu papel. Desta forma, o experimento realizado com esta turma falhou, pois não foi possível realizar o cálculo do engajamento dos alunos, conseqüentemente não foi possível avaliar a nossa proposta.

A segunda turma a ser avaliada foi a turma de Matemática. Nesta turma estavam presentes 8 alunos, onde, dentre estes, 6 participaram da avaliação (os outros 2 não participaram por incompatibilidade dos seus dispositivos com a aplicação para *smartphones* do teste). Neste dia o experimento teve duração de 1 hora e 44 minutos.

Nesta turma, pela quantidade de alunos reduzida, em comparação com a turma anterior, tornou-se mais fácil a aplicação do experimento. Analisamos o que ocorreu de errado na turma anterior e melhoramos o experimento da melhor forma possível. Pudemos distribuir os alunos de maneira que a câmera pudesse focá-los. Mesmo assim tivemos problemas com isto.

---

<sup>1</sup> A aplicação não era compatível com dispositivos iOS.

Em alguns momentos a câmera perdeu o foco de alguns alunos, focalizando em outros. Porém foi possível realizar a detecção do nível de engajamento de todos os alunos. Mesmo diante destas dificuldades, foi possível realizar o experimento com sucesso.

A terceira e última turma a ser avaliada foi a turma de Enfermagem. Nesta turma 15 alunos estavam presentes na aula, porém apenas 8 conseguiram participar do experimento. O restante da turma não conseguiu participar por incompatibilidades da aplicação com os seus *smartphones*. Neste dia o experimento durou 1 hora e 18 minutos.

Semelhantemente à turma de Administração, a execução do experimento não foi bem sucedida. Apesar do algoritmo do sistema ter identificado alguns dos alunos, e ainda conseguirmos identificar alguns níveis de engajamento, não foi possível analisar a distração com dispositivos móveis porque a aula foi executada em um laboratório de informática, impedindo que analisássemos o impacto da nossa solução na distração dos alunos. Os monitores dos computadores do laboratório impediram a avaliação observacional.

Diante disto, as turmas de Administração e Enfermagem foram desconsideradas da análise dos dados, restando a turma de Matemática. Dos participantes desta turma (6), 3 se encontraram no grupo de controle e 3 no grupo experimental, nas quais foram alocados para os grupos aleatoriamente.

A seguir apresentaremos o procedimento e resultados obtidos através da análise dos dados gerados pelo sistema de recomendação utilizado no experimento e pela análise observacional do vídeo gravado durante o experimento com a turma de Matemática.

## 6.2 Obtenção dos dados

Através da execução do experimento, obtivemos os níveis de engajamento e os níveis de distração dos alunos. Os níveis de engajamento, detectados pelo sistema, foram armazenados em um banco de dados, possibilitando a recuperação dos mesmos, afim de executar uma análise profunda dos dados. Tais registros, posteriormente, foram exportados pelo próprio sistema em arquivos com o formato CSV<sup>2</sup>.

O vídeo gravado durante a execução do experimento foi analisado 3 vezes, sendo uma vez para cada 2 alunos. Foram registradas todas as interações dos estudantes com seus *smartphones*, registrando o momento em que as interações ocorreram, bem como a duração das mesmas. Esta análise também nos permitiu obter dados qualitativos. Os dados foram registrados em uma planilha do *Google Spreadsheet*<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> Disponíveis em <<https://goo.gl/w3mCeK>>

<sup>3</sup> Disponível em <<https://goo.gl/w3mCeK>>

### 6.3 Análise quantitativa

O experimento durou 1 hora e 44 minutos (104 minutos) dividido em 41 minutos sendo a aula ocorrendo sem recomendações, e 63 minutos com recomendações. Ao fim do experimento, foram obtidas 34 capturas dos estudantes, onde 13 foram no período sem recomendação e 21 no período com recomendação.

No total, 87 faces dos alunos participantes foram identificadas. Não foi possível calcular o nível de engajamento de 19 delas, porque, apesar de conseguir identificar o aluno, as imagens estavam desfocadas, ou os rostos dos alunos estavam inclinados, não permitindo que o algoritmo de detecção do nível de engajamento identificasse um rosto na imagem. Com isso destacamos que este é um problema que precisa de uma solução.

Ao fim do experimento, tivemos um total de 14 recomendações enviadas. Dos três participantes presentes no grupo experimental, dois receberam 5 recomendações e um recebeu 4 recomendações.

Os arquivos CSVs gerados foram divididos por grupo e por momento da aula (sem ou com recomendação), resultando em 4 arquivos: grupo de controle antes do período de recomendação, grupo de controle no período de recomendação, grupo experimental antes do período de recomendação e grupo experimental no período de recomendação (os dados brutos estão contidos nas Tabelas 8, 9, 10 e 11, no Apêndice B).

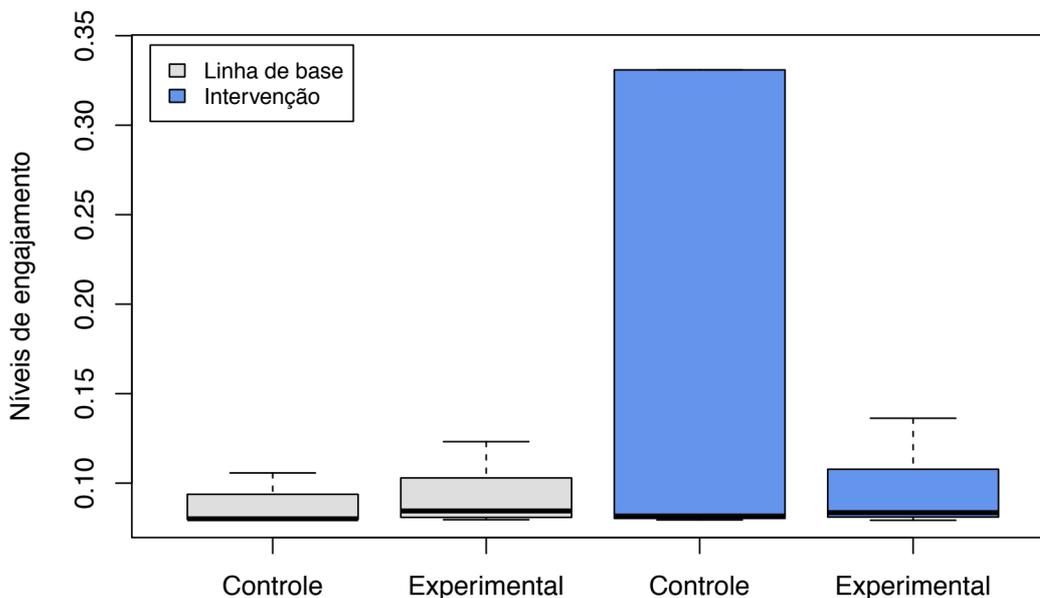
Após a exportação dos dados, geramos um gráfico *boxplot* para verificar a variação dos níveis de engajamento obtidos. A Figura 17 apresenta a variação dos níveis de engajamento antes do envio das recomendações (Controle/Experimental da linha de base) e depois do envio das recomendações (Controle/Experimental do momento de intervenção). Notamos que os níveis de engajamento estão concentrados em um valor muito próximo a 0, e que existem *outliers* muito próximos a 100 (não apresentados na Figura 17 para obtermos uma melhor visualização).

Os valores obtidos pelo cálculo do engajamento nos faz refletir sobre a confiabilidade de tais dados. A ferramenta utilizada para este cálculo pode não ter sido a ideal para as condições em que o experimento foi realizado (local e equipamentos utilizados), sendo necessária a utilização de equipamentos e ferramentas mais sofisticadas.

Ao entrar em contato com os responsáveis pelo Affdex (SDK utilizado no sistema de recomendação do experimento), não foram fornecidos detalhes sobre o cálculo do engajamento, apenas que é uma média ponderada das expressões faciais (vide Figura 9). Verificando as capturas dos alunos, notamos que nas amostras que contém os *outliers* detectados, os alunos estão sorrindo. O que nos leva a crer que a expressão *sorrir* possui um peso alto na média ponderada.

As fotos individuais dos alunos também mostram que, apesar da câmera capturar imagens em *full HD*, ao identificar o aluno individualmente, a qualidade das imagens diminui. Isto pode ter causado a variação dos níveis de engajamento tão próximos a zero.

Figura 17 – Variação dos níveis de engajamento



### Análise descritiva

As médias de níveis de engajamento de cada grupo, e em cada momento da aula, tiveram um comportamento estranho (vide Apêndice B). O que nos levou a analisar os níveis de distração de cada aluno no período da execução do experimento.

Pela análise do vídeo do experimento, conseguimos extrair todas as interações dos alunos com seus *smartphones*. Armazenamos o momento em que estas interações ocorreram, bem como a duração de cada uma. Por fim, obtivemos o total de interações e o total de tempo gasto nestas interações, na qual consideramos como o nível de distração. Esta medição foi obtida tanto para o momento da aula sem recomendação, quanto para o momento com recomendação (Tabela 4).

A Figura 18 apresenta a variação da quantidade de interações, e a Figura 19 a variação do tempo total de interações para o grupo de controle e experimental.

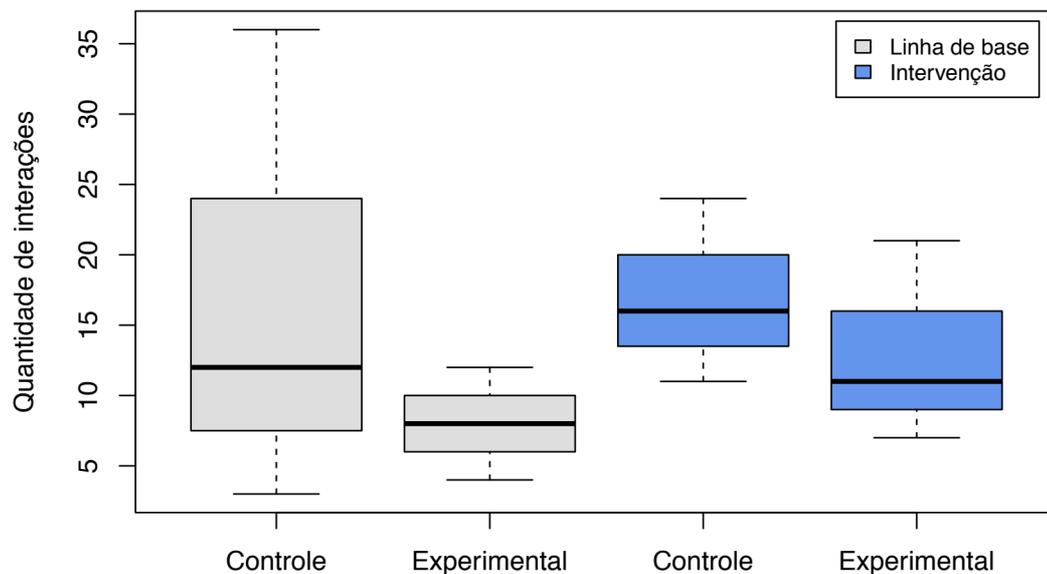
Pode-se notar que a partir do momento que as recomendações começaram a ser enviadas (momento de intervenção), a quantidade de interações aumentou, e o tempo total dessas interações também (com exceção do aluno F, do grupo de controle). Pelo fato da recomendação ser enviada pelo próprio dispositivos, na análise foi desconsiderada a primeira interação após o envio da recomendação.

Para o grupo de controle, em média, 41,43% do total de interações foram antes do momento de intervenção, e 58,57% após a intervenção; e 35,64% do tempo total de interações foram antes do momento de intervenção, e 64,36% após a intervenção, mesmo sem nenhum aluno deste grupo receber recomendações.

Já para o grupo experimental, em média, 38,28% do total de interações foram antes

Tabela 4 – Níveis de distração

Linha de base			
Grupo	Aluno	Quantidade de interações	Tempo total das interações
Controle	B	3	13 segundos
	E	12	748 segundos
	F	36	492 segundos
Experimental	A	4	156 segundos
	C	8	88 segundos
	D	12	277 segundos
Momento de intervenção			
Controle	B	11	196 segundos
	E	16	1219 segundos
	F	24	293 segundos
Experimental	A	7	207 segundos
	C	11	249 segundos
	D	21	579 segundos

Figura 18 – Variação da quantidade de interações com o *smartphone*

do momento de intervenção, e 61,72% depois; e que 33,82% do tempo total foram antes do momento de intervenção, e 66,18% depois, conforme a Tabela 5.

Com isso podemos ver que a quantidade de distração (pegar, olhar ou mostrar o celular) foi maior no período do experimento em que as recomendações começaram a ser enviadas para os estudantes. No outro momento do experimento, que antecedeu o envio das recomendações, os estudantes se distraíram menos. Isso ocorreu tanto para os estudantes no grupo controle quanto para os estudantes no grupo experimental.

Acreditamos que a razão disso, conforme se percebeu pela análise dos vídeos, é que os

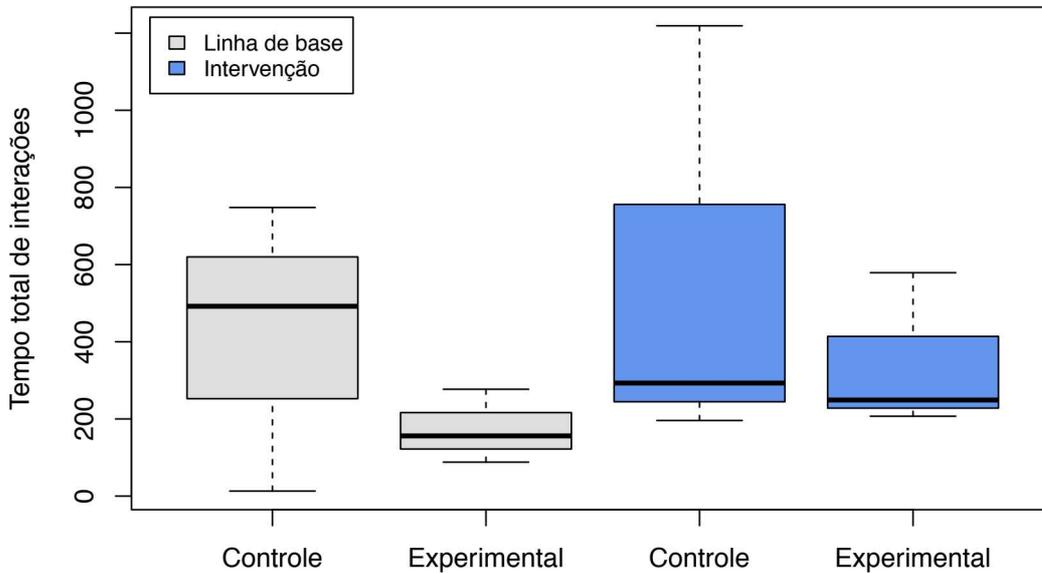
Figura 19 – Variação do tempo total de interações com o *smartphone*

Tabela 5 – Níveis de distração (percentual)

Linha de base		
Grupo	Porcentagem de interações	Porcentagem de tempo
Controle	41,43%	35,64%
Experimental	38,28%	33,82%
Momento de intervenção		
Controle	58,57%	64,36%
Experimental	61,72%	66,18%

estudantes ficaram ansiosos para saber se haviam recebido alguma recomendação e, por isso, passaram a conferir o celular com maior frequência após a chegada das primeiras recomendações. Isso ocorreu inclusive com os estudantes do grupo controle. Houve ainda casos onde estudantes do grupo experimental distraíram estudantes do grupo controle ao mostrarem a recomendação que haviam recebido.

Notamos que, mesmo havendo a comunicação prévia do que iria ocorrer durante o experimento (receber as recomendações pelo *smartphone*), o “efeito curiosidade” esteve presente. Esperávamos que ao comunicarmos os alunos reduziríamos tal efeito.

### Análise inferencial

Com o intuito de aumentar a precisão estatística dos resultados do experimento, realizamos os testes estatísticos.

Primeiramente executamos o teste de normalidade *Shapiro-Wilk* para cada amostra:

Controle e Experimental da linha de base, Controle e Experimental do momento de intervenção, analisando a quantidade e o tempo das interações dos alunos com o *smartphone* separadamente. O resultado do teste mostrou que os dados de engajamento são normais (os *p-values* estão contidos na Tabela 6). Como os dados vêm de ações corriqueiras de humanos, consideramos o teste *Shapiro-Wilk* suficiente para testar a normalidade.

Tabela 6 – *P-values* do teste de normalidade (*Shapiro-Wilk*)

	Linha de base		Momento de intervenção	
	Controle	Experimental	Controle	Experimental
<b>Quantidade</b>	0.5098	1	0.747	0.5367
<b>Tempo</b>	0.6688	0.6934	0.1642	0.1972

Dado o resultado da normalidade como dados normais, executamos os testes de hipóteses *Paired T-Test* e *Independent T-Test* com os dados das amostras obtidas utilizando a quantidade e o tempo total de interações, contidos na Tabela 4.

No *Independent T-Test*, comparamos os dados do período que antecedeu o envio das recomendações com o período que sucedeu o envio das recomendações para cada grupo. Já no *Paired T-Test*, comparamos os mesmos dados de cada grupo antes e depois do período do envio das recomendações. Os *p-values* estão contidos na Tabela 7.

Tabela 7 – *P-values* dos testes de hipóteses

	<i>Independent T-Test</i>		<i>Paired T-Test</i>	
	Controle	Experimental	Antes	Depois
<b>Quantidade</b>	0.5	0.184	0.8201	0.9899
<b>Tempo</b>	0.3603	0.1418	0.7982	0.6921

Nota – No *Paired T-Test*, “Antes” e “Depois” significam os períodos antes e depois do envio das recomendações, respectivamente

Pelos resultados dos testes de hipóteses, notamos que os dados não possuem diferenças estatisticamente significantes (*p-values* acima de 0.05). Desta forma aceitamos a hipótese nula, indicando que os níveis de distração com *smartphones* em sala de aula são iguais para todas as amostras.

#### 6.4 Análise qualitativa

O vídeo gravado no período do experimento também nos permitiu realizar uma análise qualitativa, estudando o comportamento dos alunos em relação à distração com seus dispositivos móveis, envolvendo seus colegas de classe.

Comprovando o que foi dito na seção anterior, era notório que os alunos estavam ansiosos para receber as recomendações pelo *smartphone*. A utilização do dispositivo no momento em

que as recomendações começaram a ser enviadas se tornou constante, fazendo com que outros alunos também se distraíssem.

Durante o período do experimento, notamos que algumas interações com o *smartphone* resultaram na distração do colega de classe (o que chamamos de distração dupla, pois o aluno se distrai e ainda distrai o colega). No total foram 8 distrações duplas. Nestes casos, além do aluno estar perdendo a concentração na aula, não permitiu que seu colega de classe também perdesse a concentração.

A análise do vídeo do experimento nos fez confirmar a pesquisa realizada por Chen e Yan (2016), descrita na seção 1.2. Por algumas vezes os alunos saíam da sala de aula para atender chamadas telefônicas, bem como gastavam muito tempo digitando em seus aparelhos, ao que tudo indica que estavam trocando mensagens de texto.

Alguns alunos mantiveram seus celulares no modo “silencioso”, onde o toque do aparelho é omitido, e mesmos assim eles continuavam distraíndo-se. Este comportamento também confirma o que diz Burns e Loheny (2010), conforme mencionamos na seção 1.2.

Por fim, também notamos que em alguns momentos, principalmente quando a aula estava próxima do fim, que os alunos estavam visualmente agitados, e que mesmo assim continuavam a interagir com seus dispositivos.

## 6.5 Resposta à questão de pesquisa

Na seção 5.2 apresentamos nossa questão de pesquisa: *Como engajar estudantes utilizando os dispositivos móveis do próprio estudante, reduzindo a distração causada por esses dispositivos?* Levantamos a hipótese de que o uso da recomendação baseada no engajamento utilizando dispositivos móveis afetaria na distração com os mesmos dispositivos.

Identificamos algumas limitações e ameaças à validade do experimento. Inicialmente, o experimento só foi bem-sucedido com a turma de Matemática, nas demais turmas houve problemas para identificar os rostos dos estudantes e, com isso, detectar o nível de engajamento.

Na turma que o experimento progrediu bem haviam, apenas, 6 estudantes participando do experimento. Os níveis de engajamento detectados variaram em valores muito pequenos: de 0,08 a 1,0, apresentando *outliers* com valores extremos (próximos a 100), o que pode indicar problemas com o SDK de detecção de engajamento, com a câmera ou com ambos.

Através da análise realizada, no contexto do experimento realizado, os resultados sugerem que o uso dos próprios dispositivos para o envio de recomendações pedagógicas baseadas no engajamento não é a caminho para resolver o problema, pois o mesmo gera distração no aluno, incentivando-o a interagir mais com o aparelho. Ainda não é possível afirmar como engajar os estudantes, mas através da abordagem utilizada neste trabalho, com as mesmas ferramentas, não é possível.

A conclusão obtida não nos dá resultados óbvios em relação ao uso do *smartphone* na proposta. O motivo é que o objetivo da recomendação é fazer o estudante voltar a se concentrar na aula e evitar futuras distrações – como se o professor o estivesse advertindo pela perda da concentração (reduzir a distração). Neste sentido, o *smartphone* pouparia o trabalho do professor de advertir o aluno.

## 6.6 Questões e hipóteses geradas

Após a execução do experimento, e da análise dos dados, foram levantadas outras questões e hipóteses geradas a partir deste trabalho. Estas questões são vistas como trabalhos futuros nos quais esta pesquisa pode conduzir.

Identificamos que o problema em nossa proposta é o uso do *smartphone* como instrumento de envio de notificações. Quais seriam os resultados se as recomendações fossem enviadas por meio de outro dispositivo (*desktops* ou *notebooks*, por exemplo)? A ansiedade dos alunos poderia manter a mesma, em contrapartida as interações com o *smartphone* seriam menos frequentes.

Diante dos resultados, cogitamos a possibilidade das recomendações serem enviadas para o professor. Desta forma, a recomendação chega implicitamente até o aluno, por intermédio do professor. Qual seria o impacto disto? Os estudantes vão se distrair menos? É uma questão a ser analisada.

Por fim, o ponto mais confuso: falta de engajamento é equivalente à distração? Pelos dados quantitativos obtidos, os níveis de engajamento se mantiveram em valores aproximados (desconsiderando os *outliers*), mas o nível de distração aumentou. Pesquisas futuras podem estudar esta relação e obter resultados mais esclarecedores.



## 7 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Neste trabalho tivemos como objetivo **diminuir o nível de distração em sala de aula causada por dispositivos móveis** (seção 1.4), utilizando recomendações pedagógicas baseadas no engajamento dos estudantes através de sistemas de recomendação (seção 2.2) utilizando o próprio dispositivo do aluno. Através de ferramentas de computação afetiva (seção 2.1) foi possível calcular o nível de engajamento dos estudantes e enviar as recomendações para eles em tempo real.

Para alcançar este objetivo criamos um processo de recomendação (seção 4.2) baseado no Processo de Tomada de Decisão Pedagógica (seção 2.3), apresentando requisitos e uma arquitetura base para sistemas de recomendação que suporte tal processo. Também foram apresentados fluxos mostrando a execução do processo criado em um sistema de recomendação (seção 4.3).

Em relação ao objetivo específico (*i*): criar um processo que combine sistemas de recomendação e computação afetiva para diminuir a distração em sala de aula, criamos o processo, derivado-o do PTDP (seção 2.3), como descrito na seção 4.2. Suas etapas envolvem a participação de um humano (professor) para definir as recomendações a serem enviadas para o aluno, e de uma ferramenta computacional capaz de ler informações afetivas dos estudantes (utilizando computação afetiva) e enviar recomendações apropriadas a eles em tempo real (sistema de recomendação).

Em relação ao objetivo específico (*ii*): criar uma arquitetura base para o desenvolvimento de sistemas de recomendação que suporte o processo criado, definimos a arquitetura de software na subseção 4.3.2 e a mesma foi ilustrada na Figura 14. Os requisitos de software para a implementação deste tipo de sistema de recomendação também foram definidos e estão descritos na subseção 4.3.1, ilustrados nas Figuras 11, 12 e 13.

Em relação ao objetivo específico (*iii*): testar a viabilidade do método proposto através de um experimento, descrevemos este experimento no Capítulo 5, e os resultados obtidos por intermédio da sua execução permitiram analisar o impacto da recomendação em tempo real utilizando *smartphones* na distração dos alunos causada pelo próprio dispositivo, cumprindo com o objetivo específico (*iv*): analisar o impacto da recomendação em tempo real na distração dos alunos com *smartphones*. Os resultados da análise, e a discussão gerada à partir deles, foram apresentados no Capítulo 6.

Para que pudéssemos suceder com o experimento, tornou-se necessária a implementação de um sistema de recomendação que suportasse o processo criado (Capítulo 5). Obedecendo as etapas do processo, executamos o experimento em três turmas distintas, uma de cada áreas de atuação: ciências humanas, exatas e biológicas, da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Através da execução deste experimento, obtivemos dados quantitativos e qualitativos provenientes

do sistema de recomendação implementado e da gravação da imagem e áudio da execução do experimento.

Através da análise dos dados oriundos do experimento (Capítulo 6), concluímos que o uso do *smartphone* como instrumento de envio de recomendações baseadas no engajamento do aluno não é uma boa alternativa. Os alunos continuaram se distraindo, pois ficaram ansiosos esperando que as recomendações chegassem em seus dispositivos. Também fez com que os alunos distraíssem seus colegas de classe mostrando as recomendações que tinham recebido, bem como se distraíram olhando o *smartphone* do colega para ver se ele tinha recebido alguma recomendação.

## 7.1 Limitações

A execução deste trabalho foi limitada por algumas situações que ocorreram durante a sua execução e experimentação.

Devido a quantidade da amostra utilizada no experimento, não é possível generalizar os resultados fora dos contextos nos quais o experimento foi conduzido. Acreditamos que necessária uma amostra mais representativa para obter resultados que pudéssemos generalizar de uma forma mais abrangente. Apesar disto, foi possível executar o experimento em um ambiente real, testemunhando a existência do problema.

Nossa análise observacional dos vídeos do experimento focou nas interações que o aluno tinha com o *smartphone*. Como não tivemos acesso ao que ele fazia no aparelho, consideramos qualquer interação com o dispositivo como distração. O aluno poderia estar usando o aparelho com fins de estudo, mas não conseguimos afirmar isto sem ter a certeza do que ele fazia com o *smartphone*.

Finalmente visamos o engajamento do aluno na aula, porém o algoritmo de detecção de engajamento por meio de expressões faciais é realizado de uma forma geral. Ele apenas fornece a informação se o aluno está engajado ou não, podendo ele estar engajado com a aula ou com o seu dispositivo. Se o aluno estiver engajado, mas com o seu dispositivo, o algoritmo de detecção de engajamento vai indicar que o aluno está engajado.

A análise facial é uma das partes do processo que foi automatizada, para isso é utilizado um SDK que captura o nível de engajamento do estudante na aula e se este nível estiver abaixo de um limiar, uma recomendação é enviada automaticamente. A análise dos vídeos preenchem uma limitação do SDK que é o de detectar quando o estudante se distrai para interagir com o celular.

## 7.2 Trabalhos futuros

De uma forma geral, pretendemos evoluir a pesquisa de maneira que as questões geradas (seção 6.6) possam ser respondidas. Através delas é possível gerar mais hipóteses e tais hipóteses devem ser testadas, enriquecendo o estudo.

Nossa proposta envolveu o envio das recomendações diretamente para o aluno, por intermédio do seu dispositivo móvel. Visamos mudar o alvo do envio das recomendação para o professor. Desta forma, a recomendação chegaria até o aluno indiretamente, por intermédio do professor.

Através de uma pesquisa de longa escala, planejamos aprofundar a pesquisa buscando estudar o impacto da recomendação em tempo real em sala de aula não apenas na distração com os dispositivos móveis, mas na distração de uma forma geral, e também analisando o impacto na aprendizagem dos alunos.

Por fim, achamos válido aprimorar o cálculo do nível de engajamento dos alunos, buscando obter uma maior confiabilidade na detecção do engajamento do aluno na sala de aula.



## REFERÊNCIAS

- AAGAARD, J. Drawn to distraction: a qualitative study of off-task use of educational technology. *Computers & Education*, Elsevier, v. 87, p. 90–97, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 26.
- ADOMAVICIUS, G.; TUZHILIN, A. Toward the next generation of recommender systems: A survey of the state-of-the-art and possible extensions. *IEEE transactions on knowledge and data engineering*, IEEE, v. 17, n. 6, p. 734–749, 2005. Citado na página 34.
- ADOMAVICIUS, G.; TUZHILIN, A. Context-aware recommender systems. In: *Recommender systems handbook*. [S.l.]: Springer, 2011. p. 217–253. Citado 2 vezes nas páginas 33 e 41.
- ASABERE, N. Y. Towards a viewpoint of context-aware recommender systems (cars) and services. *International Journal of Computer Science and Telecommunications*, v. 4, n. 1, p. 10–29, 2013. Citado na página 33.
- AVOURIS, N. M.; YIANNOUTSOU, N. A review of mobile location-based games for learning across physical and virtual spaces. *J. UCS*, v. 18, n. 15, p. 2120–2142, 2012. Citado na página 23.
- AYU, M. A.; TAYLOR, K.; MANTORO, T. Active learning: Engaging students in the classroom using mobile phones. In: IEEE. *Industrial Electronics & Applications, 2009. ISIEA 2009. IEEE Symposium on*. [S.l.], 2009. v. 2, p. 711–715. Citado na página 22.
- AZEVEDO, R. Defining and measuring engagement and learning in science: Conceptual, theoretical, methodological, and analytical issues. *Educational Psychologist*, Taylor & Francis, v. 50, n. 1, p. 84–94, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 32 e 33.
- BIDIN, S.; ZIDEN, A. A. Adoption and application of mobile learning in the education industry. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Elsevier, v. 90, p. 720–729, 2013. Citado na página 22.
- BISHOP, J. L.; VERLEGER, M. A. The flipped classroom: A survey of the research. In: *ASEE National Conference Proceedings, Atlanta, GA*. [S.l.: s.n.], 2013. v. 30, n. 9, p. 1–18. Citado na página 38.
- BOBADILLA, J. et al. Recommender systems survey. *Knowledge-based systems*, Elsevier, v. 46, p. 109–132, 2013. Citado na página 34.
- BOSCH, N. et al. Automatic detection of learning-centered affective states in the wild. In: ACM. *Proceedings of the 20th international conference on intelligent user interfaces*. [S.l.], 2015. p. 379–388. Citado na página 32.
- BOSCH, N. et al. Detecting student emotions in computer-enabled classrooms. In: *IJCAI*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 4125–4129. Citado na página 32.
- BRASIL/CGI, C. G. d. I. n. B. *Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação no Brasil: TIC domicílios e empresas 2006*. 1. ed. São Paulo: [s.n.], 2007. ISBN 9788560062072. Disponível em: <www.cetic.br>. Citado na página 21.

BRASIL/CGI, C. G. d. I. n. B. *Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação no Brasil: TIC domicílios e empresas 2007*. 1. ed. São Paulo: [s.n.], 2008. ISBN 97885600062140. Disponível em: <[www.cetic.br](http://www.cetic.br)>. Citado na página 21.

BRASIL/CGI, C. G. d. I. n. B. *Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação no Brasil: TIC domicílios e empresas 2008*. 1. ed. São Paulo: [s.n.], 2009. ISBN 9788560062157. Disponível em: <[www.cetic.br](http://www.cetic.br)>. Citado na página 21.

BRASIL/CGI, C. G. d. I. n. B. *Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação no Brasil: TIC domicílios e empresas 2009*. 1. ed. São Paulo: [s.n.], 2010. ISBN 9788560062294. Disponível em: <<http://www.cetic.br/media/docs/publicacoes/2/tic-2009.pdf>>. Citado na página 21.

BRASIL/CGI, C. G. d. I. n. B. *Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação no Brasil: TIC domicílios e empresas 2010*. 1. ed. [s.n.], 2011. 450 p. ISBN 9788560062416. Disponível em: <[www.cgi.br](http://www.cgi.br)>. Citado na página 21.

BRASIL/CGI, C. G. d. I. n. B. *Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação no Brasil: TIC domicílios e empresas 2011*. 1. ed. São Paulo: [s.n.], 2012. 500 p. ISBN 9788560062553. Disponível em: <[www.cgi.br](http://www.cgi.br)>. Citado na página 21.

BRASIL/CGI, C. G. d. I. n. B. *Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação no Brasil: TIC domicílios e empresas 2012*. 1. ed. São Paulo: [s.n.], 2013. 640 p. ISBN 9788560062690. Disponível em: <[www.cgi.br](http://www.cgi.br)>. Citado na página 21.

BRASIL/CGI, C. G. d. I. n. B. *Pesquisa sobre o uso das tecnologias de Informação e comunicação no Brasil: TIC domicílios e empresas 2013*. 1. ed. São Paulo: [s.n.], 2014. 620 p. ISBN 9788560062829. Disponível em: <[www.cgi.br](http://www.cgi.br)>. Citado na página 21.

BRASIL/CGI, C. G. d. I. n. B. *Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos domicílios brasileiros: TIC domicílios 2014*. 1. ed. São Paulo: [s.n.], 2015. 432 p. ISBN 9788555590177. Disponível em: <[www.cgi.br](http://www.cgi.br)>. Citado na página 21.

BRASIL/CGI, C. G. d. I. n. B. *Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos domicílios brasileiros: TIC domicílios 2015*. 1. ed. São Paulo: [s.n.], 2016. 428 p. ISBN 9788555590313. Disponível em: <[www.cgi.br](http://www.cgi.br)>. Citado na página 21.

BRUFF, D. *Teaching with classroom response systems: Creating active learning environments*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2009. Citado na página 26.

BUGEJA, M. J. Distractions in the wireless classroom. *Chronicle of Higher Education*, Chronicle of Higher Education. 1255 23rd Street NW Suite 700, Washington, DC 20037, v. 53, n. 21, p. C1–C4, 2007. Citado na página 26.

BURGER, L. *O Cenário Mobile e Multi-Plataforma no Brasil*. [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://www.comscore.com/Insights/Presentations-and-Whitepapers/2015/Brazils-Mobile-Multi-Platform-Landscape-and-Trends-for-2016>>. Citado na página 22.

BURNS, S. M.; LOHENRY, K. Cellular phone use in class: implications for teaching and learning a pilot study. *College Student Journal*, v. 44, n. 3, p. 805 – 810, 2010. ISSN 01463934. Disponível em: <<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=54016513&lang=pt-br&site=ehost-live>>. Citado 2 vezes nas páginas 24 e 66.

- BUSINESS, U. iphones the latest to join mobile learning mix. 2008. Disponível em: <<https://www.questia.com/magazine/1G1-177992424/iphones-the-latest-to-join-mobile-learning-mix>>. Citado na página 22.
- CALVO, R. A.; D'MELLO, S. K. *New perspectives on affect and learning technologies*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2011. v. 3. Citado na página 31.
- CAMPBELL, S. W. Perceptions of mobile phones in college classrooms: Ringing, cheating, and classroom policies. *Communication education*, Taylor & Francis, v. 55, n. 3, p. 280–294, 2006. Citado na página 24.
- CANDILLIER, L.; MEYER, F.; BOULLÉ, M. Comparing state-of-the-art collaborative filtering systems. In: SPRINGER. *International Workshop on Machine Learning and Data Mining in Pattern Recognition*. [S.l.], 2007. p. 548–562. Citado na página 34.
- CHEN, Q.; YAN, Z. Does multitasking with mobile phones affect learning? a review. *Computers in Human Behavior*, Elsevier, v. 54, p. 34–42, 2016. Citado 3 vezes nas páginas 23, 24 e 66.
- CHOI, K. et al. A hybrid online-product recommendation system: Combining implicit rating-based collaborative filtering and sequential pattern analysis. *Electronic Commerce Research and Applications*, Elsevier, v. 11, n. 4, p. 309–317, 2012. Citado na página 34.
- DELLAERT, F.; POLZIN, T.; WAIBEL, A. Recognizing emotion in speech. In: IEEE. *Spoken Language, 1996. ICSLP 96. Proceedings., Fourth International Conference on*. [S.l.], 1996. v. 3, p. 1970–1973. Citado na página 31.
- D'MELLO, S.; DIETERLE, E.; DUCKWORTH, A. Advanced, analytic, automated (aaa) measurement of engagement during learning. *Educational Psychologist*, Taylor & Francis, v. 52, n. 2, p. 104–123, 2017. Citado na página 32.
- DUNN, P. K. et al. Mobile-phone-based classroom response systems: Students' perceptions of engagement and learning in a large undergraduate course. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, Taylor & Francis, v. 44, n. 8, p. 1160–1174, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 39.
- D'MELLO, S. A selective meta-analysis on the relative incidence of discrete affective states during learning with technology. *Journal of Educational Psychology*, American Psychological Association, v. 105, n. 4, p. 1082, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 32.
- EKMAN, P. *Emotions revealed: Recognizing faces and feelings to improve communication and emotional life*. [S.l.]: Macmillan, 2007. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 32.
- FANG, B. From distraction to engagement: Wireless devices in the classroom. *Educause Quarterly*, v. 32, n. 4, p. 4–9, 2009. Citado 5 vezes nas páginas 22, 24, 25, 26 e 41.
- GEHLEN-BAUM, V.; WEINBERGER, A. Notebook or facebook? how students actually use mobile devices in large lectures. In: SPRINGER. *European Conference on Technology Enhanced Learning*. [S.l.], 2012. p. 103–112. Citado na página 22.
- GEHLEN-BAUM, V. et al. Technology use in lectures to enhance students' attention. In: SPRINGER. *European Conference on Technology Enhanced Learning*. [S.l.], 2014. p. 125–137. Citado 5 vezes nas páginas 19, 22, 24, 37 e 38.

GRINOLS, A. B.; RAJESH, R. Multitasking with smartphones in the college classroom. *Business and Professional Communication Quarterly*, Sage Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 77, n. 1, p. 89–95, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 38.

HABEL, C. Votapedia for student engagement in academic integrity education. *ergo*, v. 2, n. 1, 2011. Citado na página 39.

HARMAN, B. A.; SATO, T. Cell phone use and grade point average among undergraduate university students. *College Student Journal*, Project Innovation, Inc., v. 45, n. 3, p. 544, 2011. Citado na página 24.

HARRIS, L. R. A phenomenographic investigation of teacher conceptions of student engagement in learning. *The Australian Educational Researcher*, v. 35, n. 1, p. 57–79, Apr 2008. ISSN 2210-5328. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/BF03216875>>. Citado na página 32.

HASHEMI, M. et al. What is mobile learning? challenges and capabilities. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Elsevier, v. 30, p. 2477–2481, 2011. Citado na página 23.

HENRIE, C. R.; HALVERSON, L. R.; GRAHAM, C. R. Measuring student engagement in technology-mediated learning: A review. *Computers & Education*, v. 90, p. 36 – 53, 2015. ISSN 0360-1315. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131515300427>>. Citado na página 32.

HU, W. Seeing no progress, some schools drop laptops. *The New York Times*, v. 4, n. 05, 2007. Citado na página 25.

INAN, F. A.; LOWTHER, D. L. Factors affecting technology integration in k-12 classrooms: A path model. *Educational Technology Research and Development*, v. 58, n. 2, p. 137–154, 2010. Citado na página 22.

JANNACH, D. et al. *Recommender systems: an introduction*. [S.l.]: Cambridge University Press, 2010. Citado na página 33.

JUNCO, R. Too much face and not enough books: The relationship between multiple indices of facebook use and academic performance. *Computers in Human Behavior*, Elsevier, v. 28, n. 1, p. 187–198, 2012. Citado na página 24.

KIRSCHNER, P. A.; KARPINSKI, A. C. Facebook® and academic performance. *Computers in human behavior*, Elsevier, v. 26, n. 6, p. 1237–1245, 2010. Citado na página 24.

LEPPER, M. R. et al. Motivational techniques of expert human tutors: Lessons for the design of computer-based tutors. *Computers as cognitive tools*, v. 1993, p. 75–105, 1993. Citado na página 31.

LIU, C.-C. et al. Improving mathematics teaching and learning experiences for hard of hearing students with wireless technology-enhanced classrooms. *American Annals of the Deaf*, Gallaudet University Press, v. 151, n. 3, p. 345–355, 2006. Citado na página 26.

MARKS, H. M. Student engagement in instructional activity: Patterns in the elementary, middle, and high school years. *American educational research journal*, Sage Publications, v. 37, n. 1, p. 153–184, 2000. Citado na página 33.

- MCDUFF, D. et al. Affdex sdk: a cross-platform real-time multi-face expression recognition toolkit. In: ACM. *Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*. [S.l.], 2016. p. 3723–3726. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 43.
- MELERO, J.; HERNÁNDEZ-LEO, D.; MANATUNGA, K. Group-based mobile learning: Do group size and sharing mobile devices matter? *Computers in Human Behavior*, Elsevier, v. 44, p. 377–385, 2015. Citado na página 23.
- Ministério da Educação. *Censo da Educação Superior*. [S.l.], 2015. Disponível em: <[http://download.inep.gov.br/educacao\\_superior/censo\\_superior/documentos/2015/Notas\\_Estatisticas\\_Censo\\_Superior\\_2015.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_superior/censo_superior/documentos/2015/Notas_Estatisticas_Censo_Superior_2015.pdf)>. Citado na página 22.
- MISHNE, G. et al. Experiments with mood classification in blog posts. In: *Proceedings of ACM SIGIR 2005 workshop on stylistic analysis of text for information access*. [S.l.: s.n.], 2005. v. 19, p. 321–327. Citado na página 32.
- MORRISON, D.; WANG, R.; SILVA, L. C. D. Ensemble methods for spoken emotion recognition in call-centres. *Speech communication*, Elsevier, v. 49, n. 2, p. 98–112, 2007. Citado na página 32.
- MURPHY, E.; MANZANARES, M. A. R. Instant messaging in a context of virtual schooling: Balancing the affordances and challenges. *Educational Media International*, Taylor & Francis, v. 45, n. 1, p. 47–58, 2008. Citado na página 24.
- NATRIELLO, G. Problems in the evaluation of students and student disengagement from secondary schools. *Journal of Research and Development in Education*, ERIC, v. 17, n. 4, p. 14–24, 1984. Citado na página 33.
- NWORIE, J.; HAUGHTON, N. The unintended consequences of the application of technology in teaching and learning environments. *TechTrends*, Springer, v. 52, n. 5, p. 52–58, 2008. Citado na página 27.
- ONETO, L. et al. Statistical learning theory and elm for big social data analysis. *ieeE CompUTATionAl inTelliGenCe mAGazine*, IEEE, v. 11, n. 3, p. 45–55, 2016. Citado na página 32.
- PAIVA, R. *Uma Ferramenta Para Recomendação Pedagógica Baseada em Mineração de Dados Educacionais*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Alagoas, 2013. Citado na página 33.
- PAIVA, R. et al. Badges and xp: An observational study about learning. In: IEEE. *Frontiers in Education Conference (FIE), 2015 IEEE*. [S.l.], 2015. p. 1–8. Citado na página 34.
- PAIVA, R. et al. What do students do on-line? modeling students' interactions to improve their learning experience. *Computers in Human Behavior*, Elsevier, v. 64, p. 769–781, 2016. Citado na página 35.
- PAIVA, R. O. A. et al. Improving pedagogical recommendations by classifying students according to their interactional behavior in a gamified learning environment. In: ACM. *Proceedings of the 30th Annual ACM Symposium on Applied Computing*. [S.l.], 2015. p. 233–238. Citado na página 34.

- PANG, A. S.-K. *The distraction addiction: getting the information you need and the communication you want, without enraging your family, annoying your colleagues, and destroying your soul*. [S.l.]: Hachette UK, 2013. Citado na página 26.
- PICARD, R. W. *Affective computing*. [S.l.]: MIT press Cambridge, 1997. v. 252. Citado na página 31.
- PICARD, R. W. et al. Affective learning—a manifesto. *BT technology journal*, Kluwer Academic Publishers, v. 22, n. 4, p. 253–269, 2004. Citado na página 32.
- POHL, A. et al. Sensing the classroom: Improving awareness and self-awareness of students in backstage. In: IEEE. *Interactive Collaborative Learning (ICL), 2012 15th International Conference on*. [S.l.], 2012. p. 1–8. Citado na página 37.
- POHL, A.; GEHLEN-BAUM, V.; BRY, F. Introducing backstage—a digital backchannel for large class lectures. *Interactive Technology and Smart Education*, Emerald Group Publishing Limited, v. 8, n. 3, p. 186–200, 2011. Citado na página 37.
- POMMERANZ, A. et al. Designing interfaces for explicit preference elicitation: a user-centered investigation of preference representation and elicitation process. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, Springer, v. 22, n. 4-5, p. 357–397, 2012. Citado na página 34.
- PORCEL, C. et al. A hybrid recommender system for the selective dissemination of research resources in a technology transfer office. *Information Sciences*, Elsevier, v. 184, n. 1, p. 1–19, 2012. Citado na página 34.
- PORIA, S. et al. A review of affective computing: From unimodal analysis to multimodal fusion. *Information Fusion*, Elsevier, v. 37, p. 98–125, 2017. Citado 3 vezes nas páginas 31, 32 e 47.
- RALSTON, B. *The scenario-planning handbook: a practitioner's guide to developing and using scenarios to direct strategy in today's uncertain times*. [S.l.]: South-Western Pub, 2006. Citado na página 42.
- RICCI, F.; ROKACH, L.; SHAPIRA, B. Introduction to recommender systems handbook. In: *Recommender systems handbook*. [S.l.]: Springer, 2011. p. 1–35. Citado 2 vezes nas páginas 33 e 41.
- RÖER, J. P. et al. Please silence your cell phone: Your ringtone captures other people's attention. *Noise and health*, Medknow Publications, v. 16, n. 68, p. 34, 2014. Citado na página 24.
- ROUSE, M. *ICT (information and communications technology - or technologies)*. 2005. Disponível em: <<http://searchcio.techtargget.com/definition/ICT-information-and-communications-technology-or-technologies>>. Citado na página 24.
- RUDOVIĆ, O. et al. Measuring engagement in robot-assisted autism therapy: A cross-cultural study. *Frontiers in Robotics and AI*, Frontiers, v. 4, p. 36, 2017. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 32.
- SABOURIN, J. L.; LESTER, J. C. Affect and engagement in game-based learning environments. *IEEE Transactions on Affective Computing*, IEEE, v. 5, n. 1, p. 45–56, 2014. Citado na página 32.

SALTER, J.; ANTONOPOULOS, N. Cinemascreen recommender agent: combining collaborative and content-based filtering. *IEEE Intelligent Systems*, IEEE, v. 21, n. 1, p. 35–41, 2006. Citado na página 34.

SANTANA, S. J. de et al. Evaluating the impact of mars and venus effect on the use of an adaptive learning technology for portuguese and mathematics. In: IEEE. *Advanced Learning Technologies (ICALT), 2016 IEEE 16th International Conference on*. [S.l.], 2016. p. 31–35. Citado na página 34.

SANTANA, S. J. de et al. A quantitative analysis of the most relevant gamification elements in an online learning environment. In: INTERNATIONAL WORLD WIDE WEB CONFERENCES STEERING COMMITTEE. *Proceedings of the 25th International Conference Companion on World Wide Web*. [S.l.], 2016. p. 911–916. Citado na página 34.

SCHAFER, J. B. et al. Collaborative filtering recommender systems. In: *The adaptive web*. [S.l.]: Springer, 2007. p. 291–324. Citado na página 34.

SCHAUFELI, W. B. et al. The measurement of engagement and burnout: A two sample confirmatory factor analytic approach. *Journal of Happiness studies*, Springer, v. 3, n. 1, p. 71–92, 2002. Citado na página 32.

SU, X.; KHOSHGOFTAAR, T. M. A survey of collaborative filtering techniques. *Advances in artificial intelligence*, Hindawi Publishing Corp., v. 2009, p. 4, 2009. Citado na página 34.

TAO, J.; TAN, T. Affective computing: A review. In: SPRINGER. *International Conference on Affective computing and intelligent interaction*. [S.l.], 2005. p. 981–995. Citado na página 31.

TINDELL, D. R.; BOHLANDER, R. W. The use and abuse of cell phones and text messaging in the classroom: A survey of college students. *College Teaching*, Taylor & Francis, v. 60, n. 1, p. 1–9, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 24 e 33.

UNIVERSITY OF CHICAGO. *University of Chicago Law School eliminates Internet access in some classrooms*. 2008. Disponível em: <<https://news.uchicago.edu/article/2008/04/11/university-chicago-law-school-eliminates-internet-access-some-classrooms>>. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 41.

VAUFREYDAZ, D.; JOHAL, W.; COMBE, C. Starting engagement detection towards a companion robot using multimodal features. *Robotics and Autonomous Systems*, Elsevier, v. 75, p. 4–16, 2016. Citado na página 32.

VINU, P.; SHERIMON, P.; KRISHNAN, R. Towards pervasive mobile learning—the vision of 21st century. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, Elsevier, v. 15, p. 3067–3073, 2011. Citado na página 23.

VOZALIS, M. G.; MARGARITIS, K. G. Using svd and demographic data for the enhancement of generalized collaborative filtering. *Information Sciences*, Elsevier, v. 177, n. 15, p. 3017–3037, 2007. Citado na página 34.

WHITEHILL, J. et al. The faces of engagement: Automatic recognition of student engagement from facial expressions. *IEEE Transactions on Affective Computing*, IEEE, v. 5, n. 1, p. 86–98, 2014. Citado na página 32.

WOOD, E. et al. Examining the impact of off-task multi-tasking with technology on real-time classroom learning. *Computers & Education*, Elsevier, v. 58, n. 1, p. 365–374, 2012. Citado na página 24.

WU, C.-H.; LIANG, W.-B. Emotion recognition of affective speech based on multiple classifiers using acoustic-prosodic information and semantic labels. *IEEE Transactions on Affective Computing*, IEEE, v. 2, n. 1, p. 10–21, 2011. Citado na página 32.

WU, C.-H.; YEH, J.-F.; CHUANG, Z.-J. Emotion perception and recognition from speech. *Affective Information Processing*, Springer, p. 93–110, 2009. Citado na página 32.

YU, F. et al. Emotion detection from speech to enrich multimedia content. *Advances in multimedia information processing—PCM 2001*, Springer, p. 550–557, 2001. Citado na página 31.

## **Apêndices**



## APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você está sendo convidado(a) a participar do projeto de pesquisa O IMPACTO DA RECOMENDAÇÃO PEDAGÓGICA EM TEMPO REAL, dos pesquisadores Daniel Borges Ferreira da Silva, Ig Ibert Bittencourt e Ranilson Oscar Araujo Paiva. A seguir, as informações do projeto de pesquisa com relação a sua participação neste projeto:

1. O estudo se destina aos alunos de ensino superior, da Universidade Federal de Alagoas, que cursam \_\_\_\_\_.
2. A importância deste estudo é a de promover uma melhor aprendizagem do aluno em sala de aula.
3. O resultado que se deseja alcançar é: analisar a efetividade de recomendações pedagógicas na sala de aula.
4. A coleta de dados começará em \_\_/\_\_/\_\_, às \_\_:\_\_h e terminará em \_\_/\_\_/\_\_, às \_\_:\_\_h.
5. O estudo será feito da seguinte maneira:
  - O aluno instalará a aplicação destinada ao aluno, que será utilizada no teste;
  - O aluno se cadastrará no teste através da aplicação, fornecendo seu nome, nome de usuário (para se identificar no sistema) e senha (para fazer login no sistema);
  - O professor lecionará a aula enquanto uma câmera filma e reconhece os alunos na filmagem;
  - O sistema do teste detectará os alunos presentes e enviará recomendações pedagógicas aos alunos;
    - Estas recomendações são cadastradas pelo professor em um momento anterior à aula;
  - O avaliador assistirá a gravação e examinará o impacto da recomendação nos alunos.
6. A sua participação será nas seguintes etapas:
  - a) Instalação da aplicação do teste;
  - b) Cadastro no sistema do teste pelo aplicativo;
  - c) Ver as recomendações enviadas por meio do aplicativo, via push notification.
7. Não haverão riscos à sua saúde física e/ou mental.
8. Os benefícios esperados com a sua participação no projeto de pesquisa, mesmo que não diretamente são:

- Contribuição no avanço da ciência na área de informática na educação;
  - Contribuição no avanço do desenvolvimento de sistemas de recomendação.
9. Você poderá contar com a seguinte assistência: esclarecimento de dúvidas após o período do estudo, sendo responsável por ela o pesquisador Daniel Borges Ferreira da Silva.
  10. Você será informado(a) do resultado final do projeto e, ao final do estudo, serão fornecidos esclarecimentos sobre cada uma das etapas do estudo.
  11. A qualquer momento, você poderá recusar a continuar participando do estudo e, também, que poderá retirar seu consentimento, sem que isso lhe traga qualquer penalidade ou prejuízo.
  12. As informações conseguidas através da sua participação não permitirão a identificação da sua pessoa, exceto para a equipe de pesquisa, e que a divulgação das mencionadas informações só será feita entre os profissionais estudiosos do assunto após a sua autorização.
  13. O estudo não acarretará nenhuma despesa para você.
  14. Você será indenizado(a) por qualquer dano que venha a sofrer com a sua participação na pesquisa (nexo causal).
  15. Você receberá uma via do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado por todos.

Eu ....., tendo compreendido perfeitamente tudo o que me foi informado sobre a minha participação no mencionado estudo e estando consciente dos meus direitos, das minhas responsabilidades, dos riscos e dos benefícios que a minha participação implicam, concordo em dele participar e para isso eu DOU O MEU CONSENTIMENTO SEM QUE PARA ISSO EU TENHA SIDO FORÇADO OU OBRIGADO.

---

Assinatura ou impressão datiloscópica  
d(o,a) voluntári(o,a) ou responsável  
legal e rubricar as demais folhas

---

Nome e Assinatura do Pesquisador  
pelo estudo  
(Rubricar as demais páginas)

## APÊNDICE B – TABELAS DE NÍVEIS DE ENGAJAMENTO

Tabela 8 – Níveis de engajamento do grupo de controle antes do período de recomendação

<b>Aluno</b>	<b>Nível de engajamento</b>	<b>Cenário de engajamento</b>
B	0,08183106034994125	Não-engajado
B	0,07995996624231339	Não-engajado
E	0,08008330315351486	Não-engajado
F	0,10569985210895540	Não-engajado
B	0,07955343276262283	Não-engajado
F	0,07943359017372131	Não-engajado
B	99,9193572998046900	Engajado
Média	14,3465597863708	
Mediana	0,0800833031535149	

Tabela 9 – Níveis de engajamento do grupo de controle no período de recomendação

<b>Aluno</b>	<b>Nível de engajamento</b>	<b>Cenário de engajamento</b>
F	0,33088606595993040	Não-engajado
F	0,08002578467130661	Não-engajado
F	0,07943344861268997	Não-engajado
B	0,08156546950340271	Não-engajado
E	0,08171363174915314	Não-engajado
B	99,9128723144531200	Engajado
E	0,08052518218755722	Não-engajado
B	99,9203491210937500	Engajado
B	0,09202535450458527	Não-engajado
F	0,08029611408710480	Não-engajado
Média	20,0739692486823	
Mediana	0,0816395506262779	

Tabela 10 – Níveis de engajamento do grupo experimental antes do período de recomendação

Aluno	Nível de engajamento	Cenário de engajamento
D	1,07398128509521500	Não-engajado
C	0,08102730661630630	Não-engajado
D	1,37455654144287100	Não-engajado
C	0,08460657298564911	Não-engajado
D	0,08743930608034134	Não-engajado
C	0,08130121976137161	Não-engajado
A	0,08084487169981003	Não-engajado
D	0,08631725609302521	Não-engajado
C	0,08095560967922211	Não-engajado
D	0,12318035960197450	Não-engajado
C	0,08432362973690033	Não-engajado
D	0,09165005385875702	Não-engajado
C	99,9209213256835900	Engajado
D	0,54736387729644780	Não-engajado
C	0,08364500850439072	Não-engajado
D	0,09658700972795486	Não-engajado
C	0,08077352494001389	Não-engajado
D	0,08062404394149780	Não-engajado
C	0,71182501316070560	Não-engajado
D	0,08864478766918182	Não-engajado
C	0,07971978187561035	Não-engajado
D	0,08086913824081421	Não-engajado
C	0,10924101620912550	Não-engajado
A	0,08228167146444321	Não-engajado
D	0,08643475919961929	Não-engajado
C	0,07982255518436432	Não-engajado
D	0,07956681400537491	Não-engajado
A	0,07967497408390045	Não-engajado
Média	3,77207783263709	
Mediana	0,0844651013612747	

Tabela 11 – Níveis de engajamento do grupo experimental no período de recomendação

<b>Aluno</b>	<b>Nível de engajamento</b>	<b>Cenário de engajamento</b>
C	0,08069740235805511	Não-engajado
A	0,08033197373151779	Não-engajado
C	0,09953300654888153	Não-engajado
A	0,07923307269811630	Não-engajado
C	0,13422161340713500	Não-engajado
C	0,10088201612234120	Não-engajado
D	0,10771480202674870	Não-engajado
C	0,10781859606504440	Não-engajado
A	0,08011314272880554	Não-engajado
D	0,78081977367401120	Não-engajado
C	0,08248734474182129	Não-engajado
A	0,08351285010576248	Não-engajado
C	0,08355049788951874	Não-engajado
A	0,08110652863979340	Não-engajado
D	0,08098381012678146	Não-engajado
D	0,08591061085462570	Não-engajado
C	99,9209518432617200	Engajado
D	0,08259014785289764	Não-engajado
A	0,08148114383220673	Não-engajado
D	0,08242905139923096	Não-engajado
C	0,13627368211746220	Não-engajado
A	0,08063702285289764	Não-engajado
D	99,9125061035156200	Engajado
Média	8,8019906972413500	
Mediana	0,0835128501057625	