

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO



**EXPLORANDO FUNCIONALIDADES SOCIAIS E
COLABORATIVAS EM AMBIENTES EDUCACIONAIS
UBÍQUOS**

IGOR EMMANUEL SILVA MENDONÇA

Uberlândia - Minas Gerais

2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO



IGOR EMMANUEL SILVA MENDONÇA

**EXPLORANDO FUNCIONALIDADES SOCIAIS E
COLABORATIVAS EM AMBIENTES EDUCACIONAIS
UBÍQUOS**

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Computação da Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Área de concentração: Sistemas de Computação.

Orientador:

Prof. Dr. Renan Gonçalves Cattelan

Uberlândia, Minas Gerais
2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

M539e Mendonça, Igor Emmanuel Silva, 1988-
2015 Explorando funcionalidades sociais e colaborativas em ambientes
educacionais ubíquos / Igor Emmanuel Silva Mendonça. - 2015.
99 f. : il.

Orientador: Renan Gonçalves Cattelan.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação.
Inclui bibliografia.

1. Computação - Teses. 2. Computação ubíqua - Teses. 3. Mídia
digital - Teses. 4. Ensino auxiliado por computador - Teses. I. Cattelan,
Renan Gonçalves. II. Universidade Federal de Uberlândia, Programa de
Pós-Graduação em Ciência da Computação. III. Título.

CDU: 681.3

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Os abaixo assinados, por meio deste, certificam que leram e recomendam para a Faculdade de Computação a aceitação da dissertação intitulada “**Explorando Funcionalidades Sociais e Colaborativas em Ambientes Educacionais Ubíquos**” por **Igor Emmanuel Silva Mendonça** como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de **Mestre em Ciência da Computação**.

Uberlândia, 21 de Maio de 2015

Orientador:

Prof. Dr. Renan Gonçalves Cattelan

Universidade Federal de Uberlândia

Banca Examinadora:

Prof^a. Dr^a. Alessandra Alaniz Macedo

Universidade de São Paulo

Prof^a. Dr^a. Márcia Aparecida Fernandes

Universidade Federal de Uberlândia

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Data: 21 de Maio de 2015

Autor: **Igor Emmanuel Silva Mendonça**

Título: **Explorando Funcionalidades Sociais e Colaborativas em Ambientes Educacionais Ubíquos**

Faculdade: **Faculdade de Computação**

Grau: **Mestrado**

Fica garantido à Universidade Federal de Uberlândia o direito de circulação e impressão de cópias deste documento para propósitos exclusivamente acadêmicos, desde que o autor seja devidamente informado.

Autor

O AUTOR RESERVA PARA SI QUALQUER OUTRO DIREITO DE PUBLICAÇÃO DESTE DOCUMENTO, NÃO PODENDO O MESMO SER IMPRESSO OU REPRODUZIDO, SEJA NA TOTALIDADE OU EM PARTES, SEM A PERMISSÃO ESCRITA DO AUTOR.

Dedicatória

Aos meus pais... Pelos sonhos que sacrificaram para que eu realizasse os meus.

Agradecimentos

Pela minha vida agradeço a Deus, pela força e coragem para derrubar obstáculos e hoje alcançar um objetivo tão almejado e por sempre me guiar pelo caminho do bem.

Aos meus pais, agradeço pela educação e por todo apoio sobre minhas decisões. Ao meu pai Manoel Pedro, pelos momentos de descontração e pelo exemplo impecável de honestidade, serenidade e foco. À minha mãe Maria Angélica, por toda confiança e investimento em meus sonhos, pelo apoio incondicional as minhas decisões, pelas palavras certas nos momentos de decepção e pelo sorriso límpido nas horas de sucesso. Obrigado meus queridos, por ser base do meu sucesso, por acreditarem em mim e por patrocinarem meus objetivos sem pedir nada em troca.

À minha noiva, Karla, que sempre esteve ao meu lado me apoiando e me incentivando, tornando-se porto seguro frente às adversidades enfrentadas. Um verdadeiro exemplo de dedicação, companheirismo e amor.

À minha irmã, Ilka Angélica, meu cunhado, Pedro Paulo Ferreira, e minha sobrinha Emanuelle pela amizade, carinho e momentos únicos de descontração.

Ao meu orientador, Prof. Renan Gonçalves Cattelan, pela oportunidade, constante orientação e por todas as exigências que levaram à conclusão deste trabalho. De forma especial, por acreditar em mim e pelo exemplo de integridade.

Aos meus amigos, verdadeiros irmãos, pela força e companheirismo incondicional, minimizando o duro peso da caminhada: Hernane, Ana Luíza, Humberto, Kamilla, Túlio, Luiz Paulo, Heldson Luiz, Cindhi, Leonardo, Ana Paula, Nádia, Alexsandro, Helena, Mario e Ana Flávia.

Aos colegas de laboratório que, além de verdadeiros amigos, são companheiros de batalha. A eles, pela incessante ajuda e por todos os momentos de cooperação que não nos deixaram desistir. Em especial ao Rafael, Hiran, Taffarel, Diego, Luciana, Juliete e Joicy.

À CAPES pelo apoio financeiro.

Resumo

Pesquisas e projetos que exploram o paradigma de computação ubíqua no âmbito educacional são recorrentes na literatura, abrindo espaço para o desenvolvimento e a experimentação com novas formas de comunicação, colaboração e organização da informação. Nesse contexto, este trabalho apresenta um modelo de arquitetura de software que apoia atividades colaborativas de extensão e enriquecimento de conteúdo digital por meio de anotações e classificação (*ranking*) em Ambientes Educacionais Ubíquos. O modelo proposto utiliza conceitos da composição hipermídia e é capaz de gerar subsídios para atender a requisitos de recomendação e personalização de conteúdo digital multimídia. Como prova de conceito, foi construída uma aplicação Web que disponibiliza serviços de criação de comentários e classificação de conteúdo multimídia. Para validação da proposta, a aplicação foi acoplada à plataforma *Classroom eXperience* como um módulo adicional, e sua utilização por turmas de cursos de graduação da Universidade Federal de Uberlândia foi assistida ao longo de dois semestres letivos. Na validação, aplicou-se uma adaptação do *Modelo de Aceitação de Tecnologia*, com o intuito de averiguar a receptividade e o impacto da inclusão das novas funcionalidades pelos estudantes usuários da plataforma. Como resultado, verificou-se que o módulo colaborativo foi bem aceito pelos usuários e contribuiu para a atratividade da plataforma, aumentando os índices de acesso à mesma. Observou-se ainda, que o incentivo ao uso do sistema contribuiu para o desempenho final dos alunos, mostrando que abordagens que visam disponibilizar recursos interativos em meio virtual e incentivar a aprendizagem colaborativa possuem grande potencial de fomento dos processos de ensino e aprendizagem no campo educacional.

Palavras chave: Computação Ubíqua, Extensão de Conteúdo Educacional, Aprendizagem Colaborativa, Mídias Digitais.

Abstract

Research and projects that exploit the ubiquitous computing paradigm in the education domain are recurrent in the literature, opening the way for the development and experimentation with new forms of communication, collaboration and organization of information. In this context, this work presents a software architecture model that supports collaborative activities for extension and enrichment of digital content through annotation and classification (ranking) in ubiquitous educational environments. The proposed model uses concepts of hypermedia composition and is capable of generating subsidies to meet recommendation requirements and customization of multimedia digital content. As a proof of concept, a Web application was built to allow the creation of comments and ratings over multimedia digital content. For validating the proposal, such application was integrated to the *Classroom eXperience* platform as an additional module, and its use by groups of undergraduate courses at Federal University of Uberlândia was assisted over two semesters. In the validation approach, it was applied an adaptation of the *Technology Acceptance Model*, in order to determine the receptivity and the impact of the inclusion of new features by students using the platform. As a result, it was found that the collaborative module has been well received by users and contribute to the attractiveness of the platform, increasing its levels of access. It was also observed that such incentive to use the system also contributed to the final performance of the students, showing that approaches that aim at providing interactive features in a virtual environment and encouraging collaborative learning have great potential for the development of teaching and learning processes in the educational field.

Keywords: Ubiquitous Computing, Extension of Educational Content, Collaborative Learning, Digital Media.

Sumário

Lista de Figuras	xi
Lista de Tabelas	xiii
Lista de Abreviaturas e Siglas	xiv
1 Introdução	17
1.1 Contextualização	17
1.2 Motivação	18
1.3 Objetivos	19
1.4 Método de Pesquisa	20
1.5 Estrutura da Dissertação	21
2 Fundamentação Teórica	22
2.1 Computação Ubíqua	23
2.2 Captura e Acesso	25
2.2.1 Caracterização das Aplicações de Captura e Acesso	25
2.3 Ambientes Educacionais Ubíquos	26
2.4 Atividades Sociais e Colaborativas em Ambientes Educacionais Ubíquos . .	27
2.5 Considerações Finais	28
3 Um Modelo Social e Colaborativo para Extensão de Conteúdo Multi- mídia	30
3.1 Modelo de Extensão Multimídia	31
3.2 Componentes e Relacionamentos	32
3.3 Entidades	34
3.4 Considerações Finais	35

4	Estudo de Caso	36
4.1	O Sistema Classroom eXperience	36
4.1.1	Pré-produção	38
4.1.2	Gravação ao vivo	39
4.1.3	Pós-produção	40
4.1.4	Acesso	41
4.1.5	Extensão	42
4.2	Implementação do Módulo Colaborativo de Extensão e Classificação de Conteúdo Multimídia	43
4.2.1	Arquitetura do Sistema Colaborativo	44
4.2.2	Projeto de Interface do Sistema Colaborativo	45
4.2.3	Integração do Sistema Colaborativo com o CX	47
4.3	Considerações Finais	50
5	Validação do Modelo de Extensão e Classificação Multimídia	52
5.1	Modelo de Aceitação de Tecnologia	53
5.1.1	Percepção de Utilidade e Percepção de Facilidade de Uso	54
5.1.2	Percepção de Atratividade	54
5.1.3	Desempenho Acadêmico	55
5.2	Coleta dos Dados	55
5.3	Resultados Obtidos	57
5.3.1	Impressões	58
5.3.2	Acessos ao Sistema	60
5.3.3	Desempenho dos Alunos	62
5.4	Discussões	66
5.5	Considerações Finais	69
6	Trabalhos Relacionados	70
7	Conclusões	78
7.1	Resultados e Contribuições	79
7.2	Publicações	80
7.3	Limitações e Trabalhos Futuros	80
	Referências	82
A	Gráficos de Frequência de Acesso ao Sistema e às Aulas do Classroom eXperience	91

Lista de Figuras

3.1	Representação dos componentes do modelo de extensão e classificação multimídia (Mendonça <i>et al.</i> , 2014).	34
4.1	Sala de aula instrumentada com lousa digital, câmera e projetores multimídia.	37
4.2	Página iniciais do <i>frontend</i> Web do CX.	37
4.3	Fases do processo de Captura e Acesso (adaptada de Ferreira (2012)).	38
4.4	Captura de uma sessão de aula utilizando a infraestrutura do CX (Araujo <i>et al.</i> , 2014).	40
4.5	Tela de visualização das disciplinas do Classroom eXperience.	43
4.6	Arquitetura do sistema colaborativo de extensão e classificação de conteúdo multimídia.	46
4.7	Tela de exibição dos <i>slides</i> de aula no Classroom eXperience.	49
4.8	Modelo de requisição de <i>ranking</i> de <i>slide</i> no CX	50
5.1	Nível de concordância e discordância dos alunos com relação às afirmativas dos questionários.	58
5.2	Quantidade de acessos ao CX pelos alunos que cursaram a disciplinas A.	61
5.3	Quantidade de acessos ao CX pelos alunos que cursaram a disciplinas B.	62
5.4	Quantidade de acessos às aulas realizados pelos alunos que cursaram a disciplinas A.	63
5.5	Quantidade de acessos às aulas realizados pelos alunos que cursaram a disciplinas B.	64
6.1	Arquitetura do MyNote (Chen <i>et al.</i> , 2012).	74
A.1	Quantidade de acessos ao CX pelos alunos que cursaram a disciplina A no 1º semestre letivo.	92
A.2	Quantidade de acessos ao CX pelos alunos que cursaram a disciplina A no 2º semestre letivo.	93

A.3	Quantidade de acessos ao CX pelos alunos que cursaram a disciplina B no 1º semestre letivo.	94
A.4	Quantidade de acessos ao CX pelos alunos que cursaram a disciplina B no 2º semestre letivo.	95
A.5	Quantidade de acessos às aulas pelos alunos que cursaram a disciplina A no 1º semestre letivo.	96
A.6	Quantidade de acessos às aulas pelos alunos que cursaram a disciplina A no 2º semestre letivo.	97
A.7	Quantidade de acessos às aulas pelos alunos que cursaram a disciplina B no 1º semestre letivo.	98
A.8	Quantidade de acessos às aulas pelos alunos que cursaram a disciplina B no 2º semestre letivo.	99

Lista de Tabelas

5.1	Desempenho de turmas de graduação que fizeram uso do Módulo Social do <i>Classroom eXperience</i> nos semestres letivos.	65
5.2	Desempenho de turmas de graduação que fizeram uso do Módulo Social do <i>Classroom eXperience</i> nos bimestres letivos.	66
6.1	Quadro comparativo dos trabalhos relacionados	77

Lista de Abreviaturas e Siglas

AEU	<i>Ambientes Educacionais Ubíquos</i>
Ajax	<i>Asynchronous Javascript and XML</i>
BPMN	<i>Business Process Management Notation</i>
CAA	<i>Contextual Access Architecture</i>
CAL	<i>Content Abstraction Layer</i>
C&A	<i>Captura e Acesso</i>
CSCL	<i>Computer Supported Colaborative Learning</i>
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
CX	<i>Classroom eXperience</i>
DA	<i>Desempenho Acadêmico</i>
DOM	<i>Document ObjectModel</i>
FACOM	<i>Faculdade de Computação</i>
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IHC	<i>Interação Humano Computador</i>

JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
LMS	<i>Learning Management System</i>
LOM	<i>Learning Object Metadata</i>
MAC	<i>Método de Avaliação de Comunicabilidade</i>
MANET	<i>Mobile Ad hoc Network</i>
M-Learning	<i>Mobile Learning</i>
MVC	<i>Model-View-Controller</i>
NCL	<i>Nested Context Language</i>
OA	<i>Objetos de Aprendizagem</i>
OCL	<i>Online Community Life</i>
PA	<i>Percepção de Atratividade</i>
PC	<i>Personal Computers</i>
PFU	<i>Percepção de Facilidade de Uso</i>
PU	<i>Percepção de Utilidade</i>
P2P	<i>Peer-to-Peer</i>
XSLT	<i>eXtensible Stylesheet Language for Transformation</i>
SMIL	<i>Synchronized Multimedia Integration Language</i>
SMLearning	<i>Social Media Learning</i>
SOA	<i>Service-Oriented Architecture</i>
SW	<i>Shapiro-Wilk</i>
TAM	<i>Technology Acceptance Model</i>

TBP	<i>Theory of Planned Behavior</i>
TRA	<i>Theory of Reasoned Action</i>
UbiComp	<i>Computação Ubíqua</i>
UFU	<i>Universidade Federal de Uberlândia</i>
U-learning	<i>Ubiquitous Learning</i>
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>
wiCPN	<i>Web Interaction Modeling Using Colored Petri Nets</i>

Introdução

1.1 Contextualização

Nos dias atuais, é notória a existência de aparatos tecnológicos nos mais variados lugares e situações. O uso de dispositivos computacionais para a realização de tarefas rotineiras do cotidiano das pessoas é hoje uma realidade. Os avanços tecnológicos, principalmente no que tange a capacidade funcional e a mobilidade, aliados à infraestrutura disponibilizada pela Internet, propiciam um cenário no qual toda e qualquer informação pode ser acessada a qualquer hora e em qualquer lugar.

O cientista da computação e pesquisador norte-americano Mark Weiser, em seu artigo *The Computer for 21st Century*, havia previsto que no futuro os computadores estariam presentes nos mais comuns objetos do cotidiano (Weiser, 1991) e que as tecnologias evoluiriam a ponto de se tornarem indistinguíveis do meio, entrelaçando-se de maneira integral ao modo de vida das pessoas (Weiser, 1994). Passados pouco mais de vinte anos da publicação de seu artigo, observa-se que a “era da informação” é marcada pela transparência na interação entre homem e tecnologia, com muitos dispositivos passando despercebidos à percepção humana devido a sua enorme presença no cotidiano (Weiser, 1993).

Pesquisas recentes realizadas pela empresa *Gartner* revelam que o número de dispositivos tecnológicos, principalmente os móveis como *smartphones* e *tablets*, tem crescido em grande proporção nos últimos anos (Gartner Inc, 2014). Esse novo paradigma de interação entre pessoas e computadores é conhecido como Computação Ubíqua (UbiComp) (Weiser, 1991), que está relacionado com o auxílio que os últimos são capazes de fornecer às primeiras na realização de suas tarefas cotidianas.

Os conceitos e abstrações da UbiComp podem ser utilizados nos mais diversos cenários.

A inclusão de dispositivos ubíquos em espaços ou ambientes predefinidos, como salas de reuniões, espaços comunitários ou ambientes educacionais, faz referência a um tema de pesquisa recorrente da UbiComp, denominado Captura & Acesso (C&A) (Truong e Hayes, 2009) e centrado nas tarefas que se fazem necessárias para o registro de uma experiência ao vivo, de modo que seja possível sua revisão em algum ponto do futuro (Truong e Hayes, 2009).

No âmbito educacional, a incorporação desta temática pode auxiliar educadores e alunos no processo de aprendizagem ao automatizar tarefas pedagógicas, criando com isso Ambientes Educacionais Ubíquos (AEUs) (Settle *et al.*, 2011). Dispositivos tecnológicos como lousas eletrônicas, câmeras de vídeo, sensores e microfones produzem artefatos de mídia que são capazes de simular e reproduzir posteriormente experiências vividas em sala de aula. Dessa forma, os alunos podem concentrar sua atenção na experiência da aula e na aprendizagem, certos de que os detalhes serão registrados e estarão disponíveis para posterior acesso.

1.2 Motivação

Os AEUs, apoiados no paradigma de autoria multimídia advinda da C&A, possuem grande potencial para geração e representação de conteúdo educacional multimídia e de Objetos de Aprendizagem (OAs), artefatos fomentadores do processo de aprendizagem (Wiley, 2000). Apresentar todas as informações capturadas de forma organizada e de maneira intuitiva representa um grande desafio. São encontrados na literatura diversos trabalhos que versam sobre formas de apresentação de conteúdo educacional, tais como contexto e preferências de usuário (Araujo *et al.*, 2013), reputação (De Marsico *et al.*, 2011) e estilos de aprendizagem (Dorça *et al.*, 2013; Samia e Abdelkrim, 2012). Tais abordagem visam auxiliar os processos de aprendizagem dos estudantes por disponibilizar conteúdos que melhor se adequam as suas características individuais.

A aprendizagem colaborativa é uma metodologia que tem seu foco voltado ao processo sócio-cognitivo da construção do conhecimento, desempenhando papel importante no contexto educacional (Yin *et al.*, 2009). A partilha de informações e experiências dentro de comunidades acadêmicas tende a impulsionar e enriquecer os processos de aprendizagem dos envolvidos, uma vez que estimula discussões e aprimoramentos. Nos ambientes educacionais digitais, ferramentas que exploram os recursos da Web 2.0¹ são potenciais candidatas a disponibilizar aos usuários mecanismos colaborativos de interação (Wan, 2010). Ferramentas de propósito social são capazes de promover o construtivismo coletivo, a aprendizagem colaborativa e o gerenciamento de informações em ambientes educacionais

¹Web 2.0 é a segunda geração da Web tradicional, com premissas centradas na interatividade e colaboração entre seus usuários de modo a prover recursos que possibilitam ultrapassar as barreiras da navegação estática observada na Web 1.0 e alavancar as interações sociais e o conhecimento coletivo (Murugesan, 2007).

virtuais (Chiu *et al.*, 2009).

A partir dessas assertivas, é notória a necessidade de se criar mecanismos que possibilitem aos usuários contribuir entre si e complementar as informações disponibilizadas nos AEU. Tais interações, além de promover o enriquecimento contínuo do conteúdo educacional por meio da inclusão das impressões e anotações dos usuários, propiciam a geração de metainformação que pode ser utilizada como parâmetro para recomendação e personalização de conteúdo. Por meio de atividades colaborativas e interação social entre os usuários dos AEU, conteúdos educacionais podem ser estendidos, refinados e enriquecidos, tornando-se poderosas fontes de apoio ao ensino e à aprendizagem (Banday, 2012; Nokelainen *et al.*, 2003; Tseng *et al.*, 2010).

Além disso, as mídias sociais apresentam grande relevância em ambientes educacionais digitais por propiciarem uma maior percepção da presença social² entres os usuários (Coelho, 2012). Dentro dos ambientes virtuais de gerenciamento de informação educacional, o sentimento de isolamento por parte dos alunos, devido à falta de contato com outros usuários, acarreta perda de motivação e desorientação quanto ao conteúdo disponibilizado (Medeiros e Gomes, 2012). Nesse sentido, recursos sociais e colaborativos, além de dar suporte à aprendizagem coletiva, representam fontes de atratividade e incentivo à utilização das plataforma virtuais como forma de prover o ensino e a aprendizagem. Dessa forma, fica claro o poder que possuem as mídias sociais no contexto educacional virtual.

1.3 Objetivos

Este trabalho explora funcionalidades sociais e colaborativas em AEU, visando a extensão e o compartilhamento de conteúdo digital nesses ambientes de aprendizagem. Para tanto, foi desenvolvido um modelo para extensão e classificação (*ranking*) de conteúdo multimídia pautado em atividades sociais e colaborativas realizadas por usuários. Como prova de conceito, foi proposta uma arquitetura de software (e sua correspondente implementação) que suporta as premissas do modelo criado, originando, então, uma aplicação colaborativa que disponibiliza funcionalidades de criação, classificação e associação de comentários e *ranking* de artefatos multimídia em ambiente Web 2.0. Um estudo de caso foi realizado com o acoplamento da aplicação colaborativa ao Classroom eXperience (CX) (Ferreira *et al.*, 2012), uma plataforma de Computação Ubíqua construída para a captura e acesso de atividades educacionais e atualmente implantanda na *Faculdade de Computação da Universidade Federal de Uberlândia* como ferramenta de apoio à educação. O CX é um sistema distribuído composto por uma rede de serviços *peer-to-peer* que se conecta a dispositivos de captura (lousa eletrônica, câmera de vídeo, microfones e sensores) instalados em salas de aula. A plataforma possui um *frontend* Web para o acesso às informações capturas.

²Presença social é a escala da percepção do outro como uma "pessoa real" na comunicação digital

Além disso, o trabalho fornece subsídios para atender aos requisitos de um sistema de recomendação e personalização de conteúdo, atualmente em desenvolvimento, que também será integrado ao CX.

Assim, como principais contribuições do trabalho, pode-se citar:

- Elaboração de um modelo de arquitetura de software com suporte a atividades colaborativas de extensão e enriquecimento de conteúdo digital por meio de anotações e classificação (*ranking*) em AEU's;
- Prototipação, a partir do modelo proposto, de um sistema colaborativo Web com mecanismos que possibilitam a criação de comentários (anotações), o compartilhamento de informações e a classificação de conteúdo digital proveniente de atividades de captura multimídia; e
- Experimentação com o protótipo e avaliação de aceitabilidade, usabilidade e impacto das novas funcionalidades colaborativas disponibilizadas.

1.4 Método de Pesquisa

O enfoque experimental é uma estratégia comum nas pesquisas da área de Computação Ubíqua, já que as mesmas se caracterizam pela necessidade de estudos de casos e análises qualitativas quanto a sua realização (Weiser, 1993). Assim sendo, o presente trabalho foi construído e desenvolvido sobre uma abordagem exploratória, no intuito da extração de abstrações em número suficiente para a realização das análises propostas.

Para verificar a viabilidade da solução apresentada, foram construídos protótipos funcionais para serem utilizados no dia-a-dia dos usuários. A construção de protótipos torna-se atrativa no contexto do projeto pois dispensa a criação de uma complexa infraestrutura tecnológica e, dessa forma, a atenção pode ser voltada aos quesitos de usabilidade e eficiência dos componentes de software que fazem parte dos protótipos. Tais quesitos exercem forte influência nos resultados obtidos a partir da observação dos cenários alvo deste trabalho.

Por conseguinte, a utilização do protótipo foi assistida e foram realizadas análises dos *logs* de acesso à plataforma colaborativa e às funcionalidades do protótipo. A análise visou identificar as contribuições tecnológicas que a incorporação das funcionalidades disponibilizadas pelo protótipo trouxeram para a plataforma educacional ubíqua referenciada e para seus usuários. Para reforçar os dados obtidos dos registros de utilização do sistema e identificar as impressões que os usuários tiveram ao fazer uso das funcionalidades colaborativas, foi aplicado um questionário avaliativo composto por um catálogo de doze afirmativas que apresentam impressões diferentes e/ou opostas sobre a plataforma educacional.

1.5 Estrutura da Dissertação

Os demais capítulos da dissertação estão organizados da seguinte forma:

- O Capítulo 2 apresenta os principais conceitos utilizados para dar embasamento teórico para o trabalho proposto;
- O Capítulo 3 descreve o modelo colaborativo desenvolvido, discorrendo sobre suas premissas, arquitetura de software e o protótipo funcional que implementa a arquitetura proposta;
- O Capítulo 4 introduz a plataforma Classroom eXperience, com sua estrutura, arquitetura, principais componentes de software e dinâmica de uso, servindo como base para a integração do protótipo colaborativo desenvolvido;
- O Capítulo 5 descreve o processo de coleta de informações para a avaliação do modelo e as técnicas utilizadas para análise dos dados, bem como os resultados obtidos;
- O Capítulo 6 discute os trabalhos relacionados e sua comparação à abordagem proposta;
- Por fim, o Capítulo 7 revisita as principais ideias apresentadas no decorrer da dissertação, expondo as conclusões e contribuições desta pesquisa e sugerindo propostas de trabalhos futuros.

Fundamentação Teórica

A cada dia, dispositivos tecnológicos estão sendo utilizados com mais frequência pelas pessoas. O avanço da capacidade de suporte da tecnologia, tanto funcional quanto em mobilidade, propicia o seu usufruto à qualquer hora e em qualquer lugar. Dessa forma, a tecnologia passou a ser onipresente na vida das pessoas, ajudando-as na realização de suas tarefas e misturando-se, de forma integral, ao seu cotidiano. Essa abordagem é conhecida como Computação Ubíqua (Weiser, 1991).

Os usuários de aparelhos tecnológicos têm hoje a oportunidade de serem auxiliados por inteligentes dispositivos (ou infraestruturas compostos por vários dispositivos) em suas tarefas corriqueiras aonde estiverem, seja em casa, no escritório, no clube ou na escola. Em particular, abordagens que exploram os conceitos da Computação Ubíqua na educação estão em ascensão.

A existência de aparatos tecnológicos dentro das salas de aula, dando suporte à alunos e professores nos processos de ensino e aprendizagem é cada vez mais comum. *Notebooks*, *tablets*, *smartphones* e outros dispositivos, apoiados pelos recursos da Internet, possibilitam acesso à informações e serviços que podem auxiliar seus detentores. Além disso, o ambiente de aprendizado pode ser instrumentada com dispositivos capazes de registrar a experiência da aula para sua posterior revisão. Ao fazer isso, aborda-se uma área específica da Computação Ubíqua chamada Captura e Acesso (C&A).

Assim, a exploração das diretrizes da Computação Ubíqua e da C&A no âmbito educacional propiciam a criação de ambientes compostos de uma infraestrutura tecnológica capaz de oferecer suporte aos processos pedagógicos, os chamados Ambientes Educacionais Ubíquos. Por fazerem parte dos principais fundamentos utilizados ao longo do desenvolvimento deste trabalho, os conceitos da Computação Ubíqua, da C&A e dos Ambientes

Educacionais Ubíquos serão detalhados.

As seções a seguir estão da seguinte maneira organizadas: na Seção 2.1 são apresentados os conceitos referentes à área da Computação Ubíqua, sua abrangência teórica, temas relacionados e aplicabilidade; a Seção 2.2 destaca as premissas da Captura e Acesso e suas principais características; na sequência, na Seção 2.3, são discutidos os Ambientes Educacionais Ubíquos, abordando suas características e sua importância no contexto educacional; por fim, na Seção 2.4, são apresentados tópicos referentes às atividades sociais e colaborativas em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem, uma vez que esse é o tema central desta pesquisa.

2.1 Computação Ubíqua

Os computadores foram criados com a finalidade de auxiliar os humanos na resolução de problemas relacionados a cálculos e processamentos matemáticos. No entanto, a tecnologia na época do seu surgimento era limitada, o que tornava-os acessíveis apenas às entidades que possuíam recursos financeiros expressivos, como grandes corporações ou empresas governamentais.

Além de caros, os primeiros computadores ocupavam grandes espaços e demandavam diversos usuários para que pudessem ser utilizados de forma integral. Esses computadores eram chamados de *Mainframes*. Os *Mainframes* marcaram a primeira geração da computação, no qual um único computador era utilizado por muitos usuários.

O desenvolvimento dos dispositivos eletrônicos propiciou a construção de equipamentos computacionais menores, mais robustos e financeiramente acessíveis à população. Esses fatos permitiram, assim, o início da segunda geração da computação mundial, marcada pelo surgimento dos computadores pessoais ou *Personal Computers (PCs)*, onde os computadores passaram a ser utilizados individualmente pelas pessoas.

Porém, os avanços na área da computação distribuída e dos dispositivos móveis que passaram a ser projetados para serem cada vez menores e portáteis, aliados à infraestrutura disponibilizada pela Internet, tornou possível a transição para uma nova era, na qual diversos aparatos computacionais podem ser utilizados por uma única pessoa, a era da *Computação Ubíqua* (Weiser, 1991).

Nesse contexto, a Computação Ubíqua pode ser entendida como a área da Ciência da Computação centrada na incorporação não intrusiva de dispositivos tecnológicos no cotidiano das pessoas, com o intuito de auxiliá-las em suas tarefas corriqueiras (Weiser, 1993). Assim, é possível observar que a Computação Ubíqua possui características multidisciplinares, relacionando-se com diferentes temas como Computação Móvel, Interação Humano-Computador, Recuperação de Informação, Sistemas Distribuídos, Engenharia de Software, entre outros.

À primeira vista, a imersão de diferentes dispositivos tecnológicos no dia-a-dia das pes-

soas pode ter parecido futurista, no entanto é possível perceber que a Computação Ubíqua é hoje uma realidade. Conceitos como “Tecnologias Vestíveis” (*Wearable Computer*, em Inglês), que possuem um diversificado escopo de atuação teórico e prático, desde conceitos de portabilidade e interoperabilidade de serviços, até premissas voltadas a interatividade com usuários, rede de dispositivos e realidade aumentada (Chang *et al.*, 2011; Kohlsdorf *et al.*, 2013; Thomas, 2012), e a “Internet das Coisas” (*Internet of Things*, em Inglês), que versa sobre a conectividade entre diferentes aparelhos tecnológicos para gerar redes inteligentes capazes de processar e disponibilizar grandes acervos de informação (Bari *et al.*, 2013; Shah e Sardana, 2012), além de temas recorrentes na literatura, são hoje amplamente explorados por grandes empresas de tecnologia, como Google¹, Samsung² e Apple³, que lançam novos produtos e inovações anualmente.

De acordo com Abowd e Mynatt (2000), as aplicações de Computação Ubíqua podem se dividir em três grandes temas de pesquisa: Interfaces Naturais, Ciência de Contexto e Captura e Acesso.

Interfaces Naturais são um tema relacionado à comunicação entre computadores e humanos por meio de mecanismos naturais de interação. Busca-se aproveitar características próprias dos humanos, como a fala (Flaithearta *et al.*, 2013), o toque (Del Ra, 2011) ou gestos (Del Ra, 2011; Liu *et al.*, 2013). Avanços nessa área são impulsionados pela indústria de jogos, na busca por inovações que permitam maior interação com os usuários, por exemplo por meio de reconhecimento de voz ou de gestos, como é o caso do *Xbox360+Kinect*⁴ e do PlayStation® 4⁵.

O segundo tema, Ciência de Contexto (*Context-awareness*, em inglês), explora a ideia de os computadores serem capazes de distinguir e responder ao ambiente ao qual estão inseridos e, assim, auxiliar as pessoas em suas atividades (Shi, 2006). Esse tema de pesquisa é recorrente na literatura pois trata do conceito de contexto, que pode ser definido em diferentes níveis (Liu *et al.*, 2011). Pesquisas relacionadas a serviços de localização (Ahn, 2009; Garg *et al.*, 2011; Xin *et al.*, 2014) e recomendação de conteúdo (Araujo *et al.*, 2013; Iwata *et al.*, 2013) são expressivas neste campo.

Finalmente, Captura e Acesso (C&A) é o tema que complementa o grupo das diretrizes da Computação Ubíqua e tem seu foco voltado para as tarefas necessárias ao registro de uma experiência ao vivo, para que a mesma seja revista futuramente (Truong e Hayes, 2009). Por fazer parte do escopo deste trabalho, em especial a fase de acesso à informação capturada, este tema de pesquisa será detalhado individualmente a seguir.

¹<http://www.google.com>

²<http://www.samsung.com>

³<https://www.apple.com>

⁴<http://www.xbox.com/pt-BR/>

⁵<http://br.playstation.com/ps4/>

2.2 Captura e Acesso

A C&A é a subárea da Computação Ubíqua centrada nas tarefas que se fazem necessárias durante o registro de uma experiência ao vivo, para que seja possível sua revisão em algum ponto no futuro (Truong e Hayes, 2009). A ideia é utilizar dispositivos especializados na gravação de diferentes fluxos de mídias que, juntos, sejam capazes de reproduzir a experiência registrada e, dessa forma, permitir que as pessoas foquem a sua atenção apenas na experiência propriamente dita, certas de que os detalhes serão registrados e estarão disponíveis posteriormente para acesso. Esse objetivo pode ser alcançado pela instrumentação, com dispositivos ubíquos, de ambientes predefinidos, como espaços comunitários, salas de reunião ou ambientes educacionais.

Aplicações de C&A devem suprir diversos requisitos funcionais e não funcionais para que sejam eficazes. Na fase de captura, por exemplo, devem ser disponibilizados recursos capazes de registrar eventos específicos e garantir a integridade do conteúdo capturado no momento do seu armazenamento. Esses quesitos geram a necessidade de um complexo controle de fluxos de dados advindos de diferentes tipos de dispositivos e eficientes meios de transmissão e armazenamento da informação.

Na fase de acesso à informação, as aplicações de C&A necessitam disponibilizar mecanismos eficientes de recuperação e apresentação do conteúdo capturado. Essa tarefa mostra-se bastante complexa devido ao grande volume de informação que pode ser produzido na fase de captura. A busca desse conteúdo deve estar centrada nas expectativas dos usuário ao utilizarem a aplicação. No entanto, o dinamismo do processo propicia uma série de opções para a combinação e representação dos artefatos de mídia capturados, o que permite a utilização de diversas abordagens de disponibilização e apresentação da informação, tais como personalização e recomendação de conteúdo.

Além disso, a extensão da informação também é uma preocupação das aplicações de C&A. Métodos e técnicas de ligação entre múltiplas mídias permitem que o conteúdo seja enriquecido continuamente e se torne mais copioso e completo. Essa característica permite que as aplicações de C&A promovam uma evolução constante das informações no decorrer de sua utilização.

2.2.1 Caracterização das Aplicações de Captura e Acesso

As aplicações de C&A podem ser implementadas nos mais diversos contextos, podendo ser empregadas de maneira simplificada – com a utilização de um único aparato responsável por fazer toda a captura de mídias – ou de modo mais complexo – com infraestruturas distribuídas compostas por diversos dispositivos especializados na captura de diferentes tipos de mídia, operando em conjunto. Dessa forma, as aplicações de C&A apresentam heterogeneidade em sua execução, incluindo desde diferentes dispositivos de hardware até

sofisticados componentes de software (Cattelan, 2009).

Abowd e Mynatt (2000) discorrem que, para alcançar a eficiência, as aplicações de C&A devem ser moldadas observando um padrão composto por quatro fases:

- *Pré-produção*: em que ocorre a preparação do conteúdo que será submetido ao processo de captura;
- *Gravação ao vivo*: englobando o processo de registro dos diferentes fluxos de mídia a partir da atividade em curso no ambiente instrumentado;
- *Pós-produção*: em que ocorre o processamento (parcial ou total) dos fluxos de mídia capturados na fase de gravação;
- *Acesso*: responsável pela recuperação e apresentação do conteúdo capturado aos usuários.

Embora os processos acima descritos pareçam etapas atômicas e sequenciais, elas não devem ser entendidos como meros passos a serem seguidos para a elaboração e construção de aplicações de C&A. Seu objetivo é servir de embasamento para a estruturação e organização correta de cada etapa da interação entre o sistema e os usuários. Por essa razão, é possível realizar adaptações nessa estrutura, no intuito de adequá-la ao contexto de utilização – como, por exemplo, a união das fases de gravação ao vivo e pós-produção sem distinção entre os processos de captura e sincronização dos fluxos de mídia.

A inclusão de fases adicionais nos projetos de aplicações de C&A é também encontrada na literatura. Pimentel *et al.* (2001) versam sobre a inclusão de uma quinta fase intitulada *extensão*, que denota os processos de criação e inclusão de novas informações realizadas pelos usuários no momento do acesso ao conteúdo capturado.

2.3 Ambientes Educacionais Ubíquos

As aplicações de C&A podem existir em diferentes contextos e áreas do conhecimento, respeitando seus aspectos e peculiaridades. No âmbito educacional, a incorporação dessas aplicações pode auxiliar educadores e alunos no processo de aprendizagem ao automatizar tarefas pedagógicas, criando os chamados Ambientes Educacionais Ubíquos (AEUs) (Settle *et al.*, 2011). O objetivo dos AEUs, como parte da Computação Ubíqua, é fornecer à professores e alunos suporte tecnológico que os auxilie em suas atividades acadêmicas de modo não intrusivo. A instrumentação de salas de aula com dispositivos ubíquos como lousa eletrônica, projetores multimídia, câmeras de vídeo, microfones, *tablets*, sensores, dentre outros, é a abordagem mais utilizada. Ambientes munidos com essa tecnologia geram artefatos multimídia capazes de simular uma experiência de aula posteriormente à sua realização e, com isso, cumprir as premissas das aplicações de C&A. De acordo

com Settle *et al.* (2011), a incorporação de tecnologias que registram informações de aula exercem impacto positivo no processo de aprendizagem dos alunos.

O registro de atividades acadêmicas é um tema bastante discutido na comunidade científica há algum tempo. Dentre os projetos bem sucedidos nesse contexto, é possível citar o *eClass* (Abowd, 1999; Brotherton e Abowd, 2004) (também chamado *Classroom 2000*), que tem por objetivo registrar diversas informações de uma sessão de aula ministrada por professores. No escopo do *eClass*, estão presentes mecanismos que possibilitam o registro de anotações feitas manualmente em *slides* projetados em uma lousa eletrônica, gravação de áudio/vídeo das sessões de aula e disponibilização das informações capturadas via *Web*. Por meio da incorporação do sistema *Student Notepad (StuPad)* (Truong *et al.*, 1999) ao *eClass*, foram disponibilizadas funcionalidades que permitiram aos alunos visualizar, a partir de seus dispositivos pessoais, o conteúdo ministrado pelos professores.

Outro trabalho de grande relevância na área é o *iClass* (Pimentel *et al.*, 2007), que permite a gravação de diversos artefatos de mídia produzidos no decorrer de uma aula presencial em uma sala de aula instrumentada. O *iClass* sincroniza mídias de áudio, vídeo e informações anotadas em uma lousa eletrônica. A aplicação processa os artefatos de mídia gerados com arquivos de estilo XLST e constrói documentos que podem ser visualizados em SMIL (*Synchronized Multimedia Integration Language*) e HTML.

Esse novo contexto de inclusão de tecnologia nos ambientes educacionais propicia uma alteração no modo como os processos de ensino e aprendizagem acontecem. Os recursos disponibilizados nos AEU, aliados ao suporte oferecido pela Internet, formam os pilares de um novo conceito de obtenção do conhecimento denominado “aprendizagem ubíqua”, ou *ubiquitous learning (U-learning)* (Möller *et al.*, 2013). A *U-learning* é um tema de pesquisa emergente que trata de temas relacionados à combinação de ambientes educacionais reais e virtuais para gerar ricos artefatos de estudo e maximizar a construção do conhecimento.

Com isso, os AEU, apoiados no paradigma de autoria multimídia da C&A, são potenciais geradores de conteúdo educacional digital, que pode ser apresentado aos usuários utilizando abordagens contextuais e preferências pessoais (Araujo *et al.*, 2013), estilos de aprendizagem (Dorça *et al.*, 2013; Samia e Abdelkrim, 2012), reputação (De Marsico *et al.*, 2011), dentre outras.

2.4 Atividades Sociais e Colaborativas em Ambientes Educacionais Ubíquos

De acordo com Pimentel *et al.* (2001) a construção do conhecimento no âmbito educacional ocorre a partir de atividades realizadas por alunos e instrutores antes, durante e depois da sessão de aula. As atividades realizadas antes da aula englobam a produção do conteúdo que será ministrado por parte dos instrutores, enquanto que os alunos devem

buscar por informações preliminares sobre os temas que serão abordados e se preparar para a aula ao vivo. Durante a aula, o instrutor expõe as informações e apresenta o material preparado previamente, ao passo que cabe aos alunos complementar e enriquecer a experiência de aula por meio de questionamentos, anotações e discussões. Por fim, após a aula, é fundamental que os alunos debatam e discutam, entre si e com a mediação do professor, sobre os conceitos e conteúdos apresentados.

Todas as atividades pertencentes a esses diferentes momentos geram informações relevantes para a construção de conteúdo educacional e, com isso, a evolução do conhecimento. O avanço contínuo do conhecimento a partir das diferentes atividades educativas formam as bases do modelo de produção de conteúdo em espiral (Pimentel *et al.*, 2001). No modelo, a espiral representa toda a informação produzida em um espaço determinado (curso, disciplina, aula) e cada atividade pedagógica contribui para a formação de um novo ciclo. Dessa forma, a partir das ações realizadas pelos instrutores e alunos a área da espiral é aumentada e, com isso, o conhecimento produzido é alavancado.

Para os ambientes virtuais de ensino e aprendizagem, mecanismos que possibilitem a criação de conteúdo por alunos e professores, antes, durante e depois das aulas, representam incrementos funcionais de grande relevância. A produção e extensão de conteúdo digital em meio educacional propicia a construção do conhecimento de forma cooperada e aborda os conceitos de aprendizagem colaborativa suportada por computador, ou *Computer Supported Collaborative Learning* (CSCL) (Cebollero *et al.*, 2006; Williams e Roberts, 2002). A aprendizagem colaborativa pode ser definida como uma estratégia educativa em que dois ou mais indivíduos constroem o seu conhecimento por meio da discussão, da reflexão e da tomada de decisões. Neste contexto, as interações sociais apresentam grande relevância na abordagem educacional, pois é por meio delas que ocorrem a partilha de informações e a construção colaborativa do conhecimento.

Aplicações que exploram o paradigma da Web 2.0 são fortes candidatas a prover mecanismos de interação, troca de informações, extensão e classificação de conteúdo dentro dos AEU's (Chiu *et al.*, 2009; Wan, 2010). Tais ferramentas mudam o paradigma tradicional de ensino, no qual o professor é a única entidade a prover conteúdo, emergindo para um cenário no qual os estudantes têm papel ativo e influente nos processos cognitivos dos membros das comunidades virtuais às quais estão inseridos (Banday, 2012).

2.5 Considerações Finais

Neste capítulo, foram abordados conceitos-chave para o desenvolvimento do presente trabalho. É possível observar que a Computação Ubíqua e seus fundamentos são, cada vez mais, uma realidade e que a tecnologia é, hoje, parte integrante do modo de vida das pessoas.

Os diferentes temas da Computação Ubíqua foram também apresentados como forma

de fundamentar e contextualizar o escopo deste projeto. Em especial, a C&A foi enfatizada, suas diretrizes conceituais e as características de sua aplicação no âmbito educacional, representada, então, pelos AEU's, que proveem a alunos e professores infraestrutura tecnológica adequada a dinamizar e auxiliar os processos de ensino e aprendizagem.

Por fim, a importância e representatividade dos mecanismos de interação e compartilhamento de conteúdo nos ambientes educacionais virtuais foram evidenciados como formas efetivas de potencializar o processo pedagógico ao incentivar a aprendizagem colaborativa e a construção coletiva do conhecimento.

Um Modelo Social e Colaborativo para Extensão de Conteúdo Multimídia

Um problema comum associado a plataformas computacionais está centrado na disponibilização de mecanismos que possibilitem interação entre sistema e usuários. Essa interação pode ser entendida em diferentes níveis, desde a simples exibição das informações geridas pela aplicação, até metodologias altamente interativas com a inclusão de artefatos multimídia pelos usuários ou a adoção de métricas personalizadas de apresentação de conteúdo.

Além de compartilharem problemas comuns a diversos sistemas computacionais, as aplicações de C&A lidam com desafios relacionados ao gerenciamento do grande volume de informações gerado. As características desse tipo de aplicação conferem a elas um grande potencial para autoria multimídia automática.

Em plataformas educacionais de C&A, as dificuldades supracitadas podem acarretar impactos negativos aos usuários, como desorientação quanto à obtenção das informações e/ou desmotivação na utilização da plataforma. Considere um exemplo prático, no qual um estudante deseja encontrar material pedagógico referente ao conteúdo programático de uma avaliação em uma plataforma educacional virtual. Imagine que essa plataforma não disponha de mecanismos que o possibilitem referenciar e obter o conteúdo desejado, ou ainda, não ofereça recursos para a inferência das impressões do usuário quanto às informações apresentadas. Essa situação pode desmotivar o aluno quanto à utilização da mesma.

É de fundamental importância que a extensão e a classificação de conteúdo multimídia em aplicações de C&A sejam exploradas e disponibilizadas aos seus usuários. Desse

modo, a experiência de utilização das plataformas torna-se mais interativa e atraente, além de possibilitar que seus usuários contribuam com a construção do conteúdo disponibilizado (Foll *et al.*, 2006).

Este capítulo apresenta uma proposta de um modelo genérico de extensão e classificação de artefatos multimídia, suas características e especificidades. As seções que seguem estão da seguinte forma organizadas: a Seção 3.1 aborda o modelo de extensão e classificação de conteúdo multimídia ora proposto; a Seção 3.2 especifica os componentes do modelo e os relacionamentos que podem existir entre esses; e, concluindo, a Seção 3.3 apresenta importantes elementos presentes no modelo proposto, as Entidades.

3.1 Modelo de Extensão Multimídia

Diversas são as abordagens encontradas na literatura para se prover extensão e classificação de conteúdo multimídia em ambientes virtuais (Chieu *et al.*, 2008; Grossniklaus *et al.*, 2007; Martens e Provost, 2014; Meher *et al.*, 2012). Nesse contexto, a extensão pode ser entendida como a agregação de novos artefatos de mídia ao conteúdo primário, de modo a expandir as informações nele contidas. Métodos focados nessas atividades visam disponibilizar formas de associação e acoplamento de artefatos digitais. A classificação das mídias contribui para a categorização, organização e recuperação da informação nos espaços virtuais.

Tais temáticas se mostram de grande valor ao analisarmos o contexto atual do paradigma tecnológico. O advento dos meios de comunicação e o suporte oferecido pela Internet são fatores que permitem a disponibilização de recursos inesgotáveis a qualquer hora e em qualquer lugar. A partir de uma abordagem que possibilita a combinação e indexação de diferentes artefatos de mídia digital, é possível a construção colaborativa de ricos documentos hipermídia ou arcações de artefatos multimídia com informações em abundância.

O modelo de extensão de informação digital multimídia ora proposto objetiva apoiar a tarefa de associar e categorizar artefatos de mídia em ambientes virtuais Web de forma simples e concisa. As estruturas pensadas para o modelo visam expandir e, ao mesmo tempo, classificar o conteúdo associado, utilizando uma abordagem centrada na inclusão de informações realizada pelos usuários. A partir do gerenciamento das informações criadas pelos usuários, o modelo propicia a construção de parâmetros para hierarquização de artefatos digitais e, com isso, dá suporte à apresentação de conteúdo embasadas em métricas para recomendação e personalização.

A fundamentação teórica para a concepção deste modelo advém da Composição Hipermídia (Ismail, 2009; Khan e Tao, 2001), que é um modelo para construção de documentos multimídia no qual diferentes tipos de mídia podem ser associados, formando novos tipos de artefatos hipermídia com características próprias. Esses novos tipos de artefatos her-

dam as características de associação de seus formadores, o que permite a exploração de características como reusabilidade e recursividade na criação das composições.

O modelo é composto por dois tipos de estruturas abstratas: os componentes e as entidades geradoras. Os componentes representam as mídias que serão referenciadas e relacionadas dentro da modelagem, enquanto que as entidades são os agentes de criação dos componentes. Os elementos que compõem o modelo de extensão serão detalhados a seguir.

3.2 Componentes e Relacionamentos

No que se refere a diversidade e disponibilidade de conteúdo, inúmeros são os recursos presentes em ambientes Web. Essa área também se mostra muito promissora em abordagens que consideram artefatos de mídia em diferentes formatos, uma vez que a infraestrutura da Internet dispõe de mecanismos robustos de referência e apresentação de conteúdo, que pode estar representado de diferentes formas, como textos, imagens ou vídeos.

Partindo desses princípios, o modelo de extensão foi desenvolvido de modo a utilizar os recursos de referência e indexação existentes na Web, como por exemplo, os *links*. Tais recursos possibilitam o acesso a uma grande variedade de informações de maneira interativa e dinâmica. Dessa forma, as bases do modelo são centradas na construção de anotações (que podem ocorrer de forma implícita ou explícita) e na associação dessas com o conteúdo referenciado. A partir dessas associações, os artefatos de mídia referenciados podem ser expandidos e/ou classificados.

O modelo é constituído por três hltipos de componentes: o *artefato*, o *comentário* e o *classificador*. O *artefato* é o objeto principal da modelagem e representa o conteúdo digital que será estendido com as informações oriundas dos outros componentes do modelo. Esse componente apresenta o maior dinamismo dentre os outros, uma vez que as informações representadas pelo mesmo podem estar em diferentes formatos como textos, imagens, vídeos, páginas Web, estruturas próprias das aplicações, ou qualquer outro formato que se deseje utilizar.

O *comentário* é o componente que faz referência às informações textuais que são associadas a um *artefato* e, portanto, representam as anotações explícitas à respeito do conteúdo digital referenciado. Os *comentários* aparentam ser restritos em sua atuação, visto que representam apenas informações textuais. No entanto, possuem grande potencial de representação do conteúdo multimídia ao fazer uso dos recursos de referência disponibilizados pela Internet, como os *links*. Dessa forma, *comentários* podem ser implementados na forma de *links* para os mais diversificados tipos de conteúdo.

E, por fim, o *classificador* representa informações pré-definidas que agregam classificação às mídias a que fazem referência. Na prática, os *classificadores* são indicadores

estáticos e pré-determinados utilizados para aferir informações que permitam categorizar as mídias associadas. Esse componente, a exemplo dos *comentários*, também representa anotações referentes ao conteúdo multimídia. No entanto, essas anotações de hierarquização são implícitas e específicas ao contexto de aplicabilidade do modelo.

Além dos componentes do modelo de extensão, foram definidas também as regras de associação entre eles, sendo:

- Para os *artefatos*: um *artefato* pode ser associado a outros *artefatos*;
- Para os *comentários*: um *comentário* pode ser associado a um *artefato* ou a um *comentário*;
- Para os *classificadores*: um *classificador* pode ser associado a um *artefato* ou a um *comentário*.

A Composição Hierárquica é fundamentada na combinação de objetos de mídia para a formação de artefatos multimídia. Esses objetos de mídia podem pertencer a dois grupos: os objetos básicos de mídia, chamados de mídias primitivas, e as composições multimídia (Ismail, 2009). No modelo proposto, os componentes são tidos como mídias primitivas, enquanto que as associações entre eles são consideradas composições multimídia.

No entanto, somente as informações sobre mídias primitivas e composições não são parâmetros suficientes para a construção de documentos hipermídia mais elaborados. São necessários mecanismos que possibilitem abstrair informação em diferentes níveis dos artefatos multimídia gerados.

Para suprir essa demanda, foram criados critérios para hierarquização entre os componentes do modelo. Tais critérios são embasados na abrangência que possuem os componentes dentro do modelo. Dessa forma, o *artefato* é o componentes de maior relevância, seguido pelo *comentário* e, por fim, o *classificador*.

A partir das regras de associação e da relação hierárquica definida para os componentes, os conceitos da Composição Hipermídia, no que tange a herança de características e a recursividade das composições, são explorados. Foi definido então, que quando ocorrer uma composição, os componentes mais fortes devem manter suas características primitivas, ou seja, quando um *comentário* é associado a um *artefato*, a composição entre esses componentes terá as características e propriedades de um novo *artefato*. Essa abordagem possibilita o dinamismo e a fluidez entre as composições e gera subsídios para análises em diferentes níveis de granulosidade das aplicações.

A Figura 3.1 apresenta o relacionamento entre os componentes do modelo proposto de extensão e classificação multimídia. Além dos componentes já descritos, é possível identificar na figura um componente extra que se relaciona única e diretamente com os *artefatos*, chamado de *plataforma colaborativa*. Esse componente representa o sistema que terá suas entidades (ou seus próprios *artefatos*) enriquecidas com os componentes do modelo.

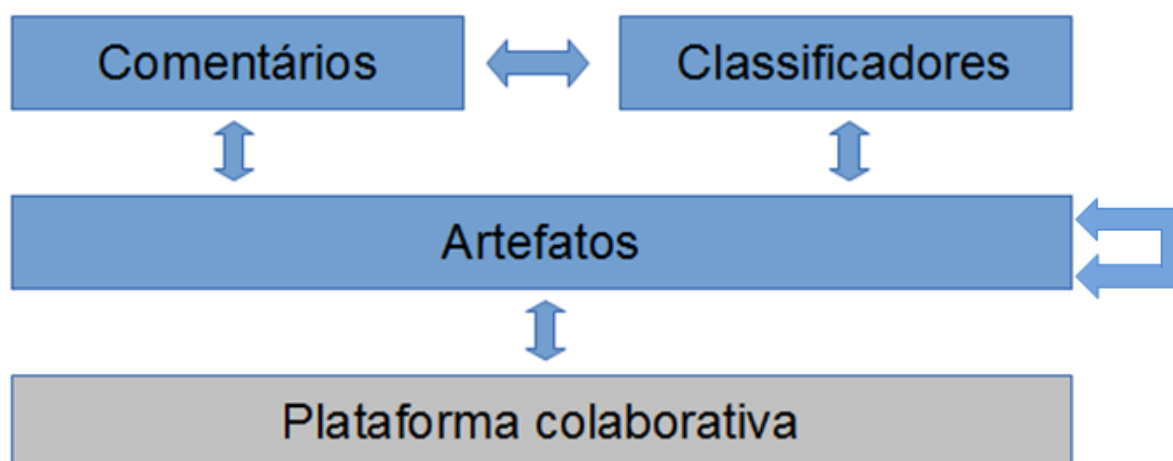


Figura 3.1: Representação dos componentes do modelo de extensão e classificação multimídia (Mendonça *et al.*, 2014).

Um exemplo prático dessa abordagem pode ser dado tomando por referência uma página Web que possui como conteúdo uma imagem (*artefato*). Essa imagem possui diversas anotações (*comentários*) associadas a ela. É possível aos usuários que visualizam a página, dar uma nota (*classificador*) relacionada à beleza da imagem, que pode variar, por exemplo, de zero a cinco pontos. No cenário apresentado, a imagem representa um *artefato*, passível de ser associado a um *comentário* (anotação) ou a um *classificador* (nota). No entanto, a imagem e o conjunto (parcial ou total) de anotações associadas a ela também podem representar um único *artefato* com granulosidade menos fina se comparado à imagem unitária. Assim, o modelo suporta análises em diversos níveis de granulosidade, a partir das composições de seus componentes.

3.3 Entidades

Os *artefatos*, *comentários* e *classificadores* formam o alicerce para a implementação de sistemas colaborativos que busquem seguir as premissas e conceitos do modelo de extensão e classificação multimídia proposto. No entanto, somente os componentes do modelo não carregam toda informação necessária para a construção das aplicações. São necessários fundamentos que esclareçam como os componentes serão criados e quais elementos abstratos serão responsáveis por fazê-los. Nesse sentido, as “entidades” foram definidas como elementos responsáveis pela produção dos componentes do modelo.

As entidades do modelo de extensão são elementos abstratos que visam evidenciar, de modo genérico, quais membros do contexto das aplicações serão responsáveis pela produção dos componentes. A partir desses elementos, são disponibilizadas informações instrutivas de como os componentes de software devem ser projetados e integrados para que os princípios do modelo sejam garantidos.

No modelo proposto, as entidades podem assumir dois valores distintos, sendo eles:

Sistema Hospedeiro e Usuário. O *Sistema Hospedeiro* é a fonte produtora dos *artefatos*, uma vez que a informação a ser estendida e/ou classificada no modelo é um elemento que pertence ao sistema que o utiliza. Por ser um elemento abstrato, a implementação do *Sistema Hospedeiro* pode ser realizada de diversas formas, desde pequenos módulos de um único componente de software, a complexas plataformas computacionais, com muitos componentes.

A entidade *Usuário* é a fonte de informação para a construção dos *comentários* e dos *classificadores*. Essa entidade representa, então, os elementos que interagem com o sistema que implementa o modelo, de modo a estender ou classificar o conteúdo representado pelos *artefatos*. É natural traçarmos uma relação entre a entidade *Usuário* e os humanos, uma vez que os usuários de um sistema computacional geralmente são pessoas. No entanto, a característica de generalidade intrínseca dos modelos abstratos permite a ocorrência de várias formas de apresentação desse elemento na prática, como por exemplo, um componente de software capaz de interagir e incluir informações em outro sistema.

Assim, as relações entre os componentes deste modelo podem ser utilizadas como fonte de busca para entidades e componentes de sistemas que implementam requisitos de recomendação e personalização de conteúdo. Além do relacionamento natural entre os *artefatos*, as relações entre os componentes são parâmetros que podem auxiliar na tomada de decisão dos recomendadores.

3.4 Considerações Finais

Este capítulo apresentou as diretrizes e detalhes do modelo de extensão e classificação de conteúdo digital multimídia proposto neste trabalho de pesquisa. Os elementos do modelo foram projetados de modo a proporcionar agregação e hierarquização de artefatos de mídia a partir de atividades sociais e colaborativas realizadas por usuários.

Os conceitos da Composição Hipermídia foram utilizados para dar embasamento teórico e fundamentar as relações entre os componentes do modelo de extensão. Características como acoplamento de múltiplas mídias, reusabilidade e recursividade advindas da Composição Hipermídia, conferem ao modelo de extensão atributos que permitem a análise de seus componentes em diferentes níveis de granulosidade, o que favorece sua utilização por aplicações que implementam requisitos de personalização e recomendação de conteúdo.

O próximo capítulo apresenta um estudo de caso realizados para a validação do modelo proposto e observação de sua aplicabilidade na prática. Para tanto, é apresentada uma proposta de arquitetura de software que suporta as premissas do modelo, sua implementação e incorporação em um AEU real.

Estudo de Caso

4.1 O Sistema Classroom eXperience

Este trabalho explora o uso de tecnologias sociais e colaborativas em ambientes ubíquos de ensino e aprendizagem. Para tal, como estudo de caso, foram integradas algumas dessas funcionalidades a um AEU real, o *Classroom eXperience (CX)*¹ (Ferreira *et al.*, 2012).

O CX é uma plataforma de captura multimídia desenvolvida para registrar, armazenar e disponibilizar o conteúdo das aulas ministradas em um ambiente instrumentado com dispositivos ubíquos, para que as mesmas possam ser acessadas futuramente pelos usuários. Essa plataforma é capaz de capturar o conteúdo multimídia proveniente de dispositivos como lousa eletrônica, microfones, câmeras de vídeo e projetores instalados em uma sala de aula. Atualmente, a Faculdade de Computação da Universidade Federal de Uberlândia (FACOM/UFU) dispõe de duas dessas salas instrumentadas, como ilustrado na Figura 4.1. A plataforma sincroniza os diferentes fluxos de mídia suportados e gera documentos hipermídia que podem ser apresentados nos formatos HTML e NCL.

A plataforma possui um *frontend* Web para acesso e gerenciamento das informações e foi desenvolvida sobre a plataforma *iClass* (Pimentel *et al.*, 2007). No entanto, adiciona melhorias estruturais e funcionais a essa abordagem ao implementar a camada CAL (*Content Abstraction Layer*), como meio de comunicação (Araujo *et al.*, 2012); a arquitetura CAA (*Contextual Access Architecture*), que possibilita personalização e recomendação de conteúdo à partir de informações de preferência pessoais e contexto de acesso à plataforma (Araujo *et al.*, 2013); e funcionalidades sociais e colaborativas de criação de comentários e classificação (*ranking*) dos *slides* das aulas (Mendonça *et al.*, 2014).

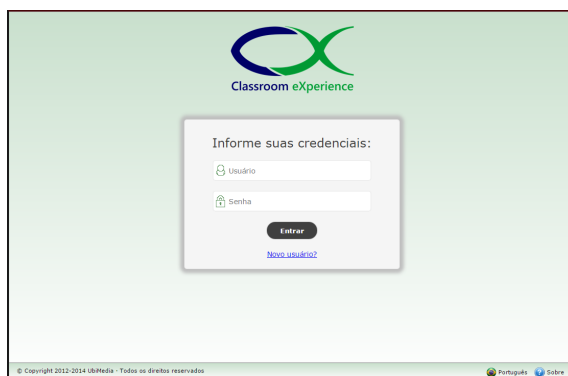
¹<http://cx.facom.ufu.br/>



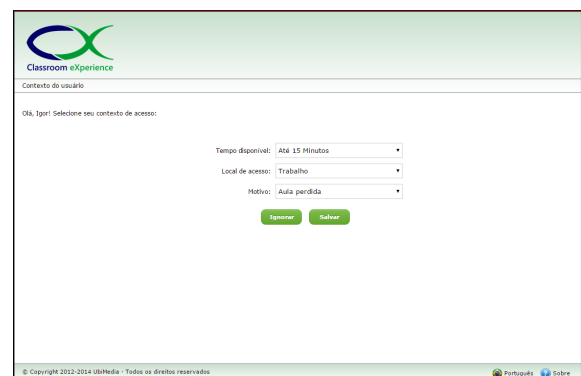
Figura 4.1: Sala de aula instrumentada com lousa digital, câmera e projetores multimídia.

Essas características tornam o CX uma importante ferramenta de apoio à educação por disponibilizar métodos de armazenamento e replicação das informações capturadas em aula, processos de disponibilização e apresentação de mídias e mecanismos de interação Web que possibilitam a extensão e classificação de conteúdo educacional de modo social e colaborativo.

A Figura 4.2 exibe as páginas Web iniciais do CX. Nela é possível observar a tela de *login* da plataforma (Figura 4.2(a)), na qual os usuários informam suas credenciais de acesso e a plataforma realiza a autenticação dessas informações na base de dados. A tela de *login* dispõe ainda de um *link* que direciona novos usuários para uma tela de cadastro. Após ter suas credenciais autenticadas, os usuários são direcionados para a tela de seleção manual de contexto de acesso (Figura 4.2(b)), na qual eles podem informar o seu contexto de utilização do sistema com o preenchimento de um mini formulário. As informações fornecidas pelos usuários, são juntadas a outras informações de contexto, obtidas automaticamente pela aplicação, que perfazem um conjunto de parâmetros que serão utilizados para propiciar aos usuários uma rica experiência de acesso à plataforma (Araujo *et al.*, 2013).



(a) Tela de *login* da plataforma.



(b) Tela de escolha de contexto de acesso.

Figura 4.2: Página iniciais do *frontend* Web do CX.

Respeitando os fundamentos da Computação Ubíqua, a plataforma foi pensada e desenvolvida para auxiliar alunos e professores sem alterar a dinâmica natural das aulas. O

CX dispõe de componentes de software especializados em registrar, sincronizar, armazenar e disponibilizar artefatos de mídia advindos de diferentes dispositivos, como as anotações feitas na lousa eletrônica, o áudio da voz do professor ou o vídeo das sessões de aula, por meio de interfaces amigáveis. Os componentes de software foram desenvolvidos utilizando a linguagem Java ², com o apoio de bibliotecas Web, e as informações são armazenadas em banco de dados relacional PostgreSQL³.

O CX implementa todas as fases do modelo proposto por Truong e Hayes (2009) para estruturação das aplicações de C&A e expande sua abrangência com a exploração da fase adicional de *extensão* de conteúdo (Pimentel *et al.*, 2007). Dessa forma, a plataforma executa cinco fases distintas e complementares, sendo elas: pré-produção, captura ao vivo, pós-produção, acesso e extensão.

A Figura 4.3 apresenta a arquitetura do CX e ilustra a estruturação das fases da C&A. Na figura, as fases são enunciadas juntamente com as respectivas atividades realizadas no âmbito da abordagem. Vale ressaltar que a arquitetura apresentada contempla a fase adicional de *extensão* do conteúdo. Dessa forma, o processo de captura é estendido aos usuários e o conteúdo enriquecido continuamente a cada interação entre as partes. Tais requisitos exploram os conceitos de hipermídia evolucionária e construção do conhecimento em espiral (Pimentel *et al.*, 2001). O funcionamento de cada uma dessas fases no CX será detalhado nas subseções seguintes.

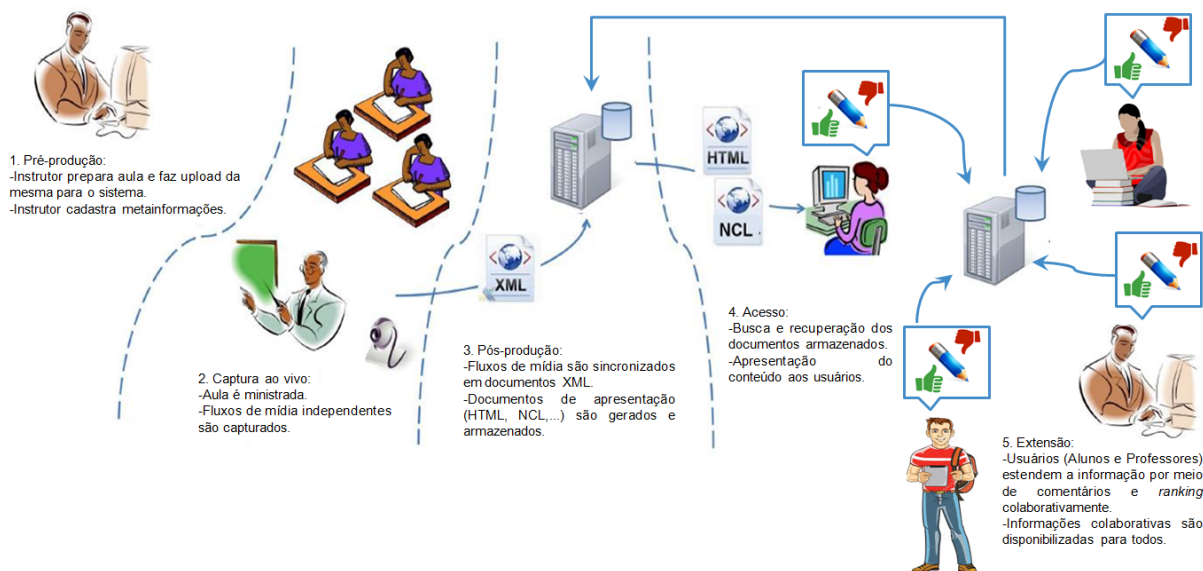


Figura 4.3: Fases do processo de Captura e Acesso (adaptada de Ferreira (2012)).

4.1.1 Pré-produção

A fase de pré-produção compreende todas as atividades necessárias para a definição e preparação do conteúdo educacional que será capturado em sala de aula. O CX disponi-

²<https://www.java.com>

³<http://www.postgresql.org>

biliza aos instrutores uma interface Web para registro das informações referentes a aula que será ministrada. Tais informações podem pertencer a três categorias: dados básicos, dados adicionais (metainformação) e o conteúdo propriamente dito.

Os dados básicos, pertencentes à primeira categoria, são informações primárias e de identificação das aulas, como título, palavras-chave, duração, resumo, dentre outros. Essas informações são armazenadas no banco de dados da aplicação e visam auxiliar os mecanismos de busca e obtenção das aulas pelos usuários.

A segunda categoria faz referência às informações adicionais ou metadados⁴ referentes às aulas. Essas informações são agrupadas e organizadas por meio de extensões embasadas no padrão *IEEE Learning Object Metadata (LOM)* (IEEE, 2005). O CX conta com mecanismos de geração automática de metadados para o conteúdo das aulas (Araujo *et al.*, 2014). Esse processo é realizado por meio do mapeamento entre os campos do LOM e os estilos de aprendizagem descritos no modelo de Felder e Silverman (1988). As informações advindas dos metadados do LOM auxiliam na recomendação e disponibilização de conteúdo personalizado aos usuários da plataforma.

Por fim, a terceira categoria contempla o conteúdo que será ministrado na sessão de aula. No CX, esse conteúdo consiste em um arquivo de *slides* contendo as informações que serão apresentadas. A plataforma suporta a inclusão de arquivos nos formatos Portable Document Format (PDF) e Microsoft PowerPoint (PPT, PPTX), que, por sua vez, serão convertidos em *templates* reconhecidos pelo sistema de captura.

Ao fim da inclusão e processamento de todas as informações pertencentes às categorias acima descritas, o conteúdo está pronto para ser submetido à etapa de gravação ao vivo, que será apresentada a seguir.

4.1.2 Gravação ao vivo

A fase de gravação ao vivo é caracterizada pela captura, em tempo real, dos artefatos de mídia que reproduzirão futuramente a experiência da aula. Uma das questões mais discutidas a respeito dos aspectos e desafios de se construir aplicações de C&A, é fazer com que essa fase seja o mais transparente possível para os usuários. Dessa forma, a gravação ao vivo deve ser realizada de modo a alterar minimamente a rotina dos participantes (instrutores e alunos).

O processo de captura ao vivo no CX é iniciado quando o professor, por meio da interface Web da plataforma, acessa a aula desejada. Nesse momento, a aplicação carrega automaticamente o conteúdo do arquivo de *slides* no componente de software responsável pelo registro das informações advindas da lousa eletrônica, que projeta os *slides* na lousa em forma de apresentação. A partir desse ponto o sistema não realiza nenhuma outra

⁴Metadados são informações estruturadas que especificam, ilustram, localizam ou auxiliam o processo de busca, utilização e gestão da informação (IEEE, 2005)

interferência à rotina convencional da aula. O professor pode interagir com a lousa eletrônica como se estivesse fazendo uso de uma lousa convencional ou quadro de giz. A única diferença está no fato das anotações serem realizadas com uma caneta eletrônica ao invés de giz ou pincéis.

No entanto, mesmo não interferindo no modelo natural da aula, a plataforma realiza processos de mediação da comunicação entre os diferentes dispositivos de captura presentes no ambiente durante toda a sessão de aula. Esse processamento é realizado por três componentes de software especializados na gravação de diferentes tipos de mídia: áudio, vídeo e anotações na lousa eletrônica.

Além da lousa eletrônica, dos projetores, dos microfones e da câmera de vídeo, a infraestrutura do CX conta ainda com um painel secundário, no qual as informações dos *slides* e as anotações feitas pelos professores são projetadas, com o intuito de facilitar sua visualização pelos alunos. A Figura 4.4 mostra uma das salas de aula instrumentadas com os dispositivos supracitados que fazem parte da infraestrutura do CX, sendo utilizada para a captura das informações de uma aula.

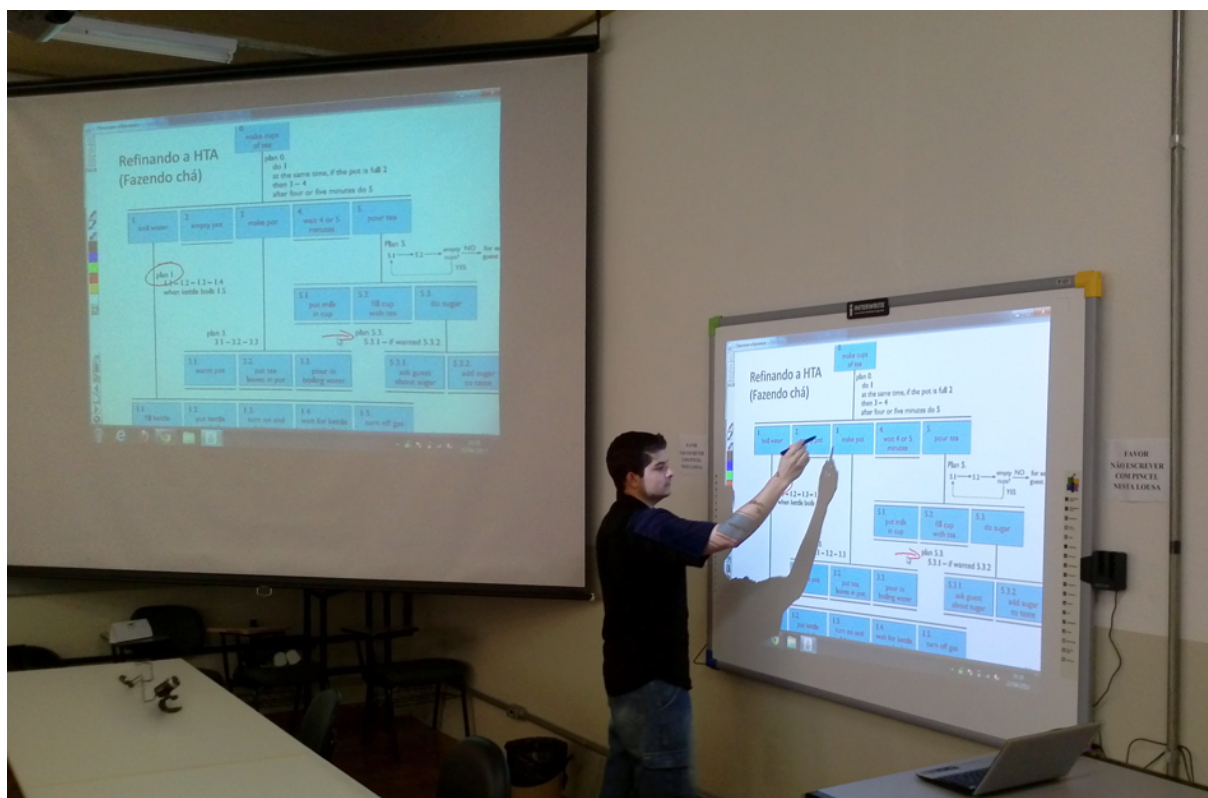


Figura 4.4: Captura de uma sessão de aula utilizando a infraestrutura do CX (Araujo *et al.*, 2014).

4.1.3 Pós-produção

A pós-produção é a fase que se inicia imediatamente após a fase de gravação ao vivo. Essas fases apresentam tamanha proximidade que existem trabalhos na literatura que

versam sobre a sua união em uma fase única (Richter *et al.*, 2001). No entanto, a fase de pós-produção possui particularidades importantes dentro das aplicações de C&A, pois é nela que os diferentes fluxos de mídia são reunidos, sincronizados e armazenados.

Na abordagem do CX este processo ocorre logo após o professor ter finalizado a sessão de aula e solicitado, para a aplicação de captura, que os dados capturados sejam sincronizados e armazenados. A aplicação de captura sincroniza as informações por meio de arquivos XML (*eXtensible Markup Language*) produzidos pelos componentes de software da aplicação com base nas interações do professor com o sistema de captura.

A partir das informações dos arquivos XML e do conteúdo capturado, são gerados documentos que auxiliarão a plataforma no momento da disponibilização e apresentação do conteúdo aos usuários. Esses documentos são gerados de modo padronizado em dois formatos: HTML, para serem visualizados na Web; e NCL, para que possa ser exibido no padrão utilizado pela Plataforma Brasileira de TV Digital Interativa.

Para a implementação da fase de pós-produção, o CX conta com três componentes de software.

- **Componente de Sincronização:** responsável por reunir e sincronizar todos os fluxos de mídia provenientes dos diferentes dispositivos de captura multimídia em um único documento XML contendo dados a respeito do contexto da aplicação, dos dispositivos de captura e das interações entre o sistema de captura e os dispositivos;
- **Componente de Transformação:** responsável por gerar os documentos de apresentação do conteúdo capturado. Para tanto, esse componente interpreta o arquivo XML construído pelo componente de sincronização e gera os documentos nos formatos de apresentação desejados utilizando folhas de estilo XSLT⁵ (*eXtensible Stylesheet Language for Transformation*); e, por fim,
- **Componente de Compactação:** cuja função é agrupar os documentos gerados pelos componentes anteriores e compactá-los em um único arquivo padronizado, passível de reconhecimento pelos processo pertencentes à etapa de acesso.

Após ser processado pelos componentes de software acima descritos, o conteúdo está pronto para ser armazenado na base de dados. Para isso, a aplicação de captura requisita os serviços de armazenamento da camada CAL do CX, que se encarrega de distribuir o conteúdo processado nos *peers* ativos da rede (Araujo *et al.*, 2014).

4.1.4 Acesso

A fase de acesso é descrita como a apresentação do conteúdo capturado aos usuários. O enfoque dessa fase está na disponibilização, de maneira amigável e organizada, de

⁵<http://www.w3.org/TR/xslt>

todo conteúdo que foi capturado, processado e armazenado, para que os usuários possam usufruir das informações nele contidas.

Ao contrário do que se observa nas fases anteriores, em que ocorrem mais relações entre os componentes de software da aplicação, a fase de acesso é marcada pela interação entre os usuários e o sistema. Dessa forma, aspectos relacionados à área de Interação Humano-Computador (IHC) são frequentemente enfatizados nessa fase, para que a experiência dos usuários ao fazer uso da plataforma seja satisfatória.

Assim, o desenvolvimento do módulo do CX responsável por disponibilizar e apresentar o conteúdo previamente capturado em sala de aula aos usuários foi embasado em princípios, padrões e *guidelines*, que representam as bases fundamentais para bons projetos focados em usabilidade (Carvajal, 2009; Roder, 2012). Especificamente foram observados os princípios descritos nas 10 heurísticas de Nielsen (Nielsen, 1993): visibilidade do *status* do sistema; compatibilidade do sistema com o mundo real; controle do usuário e liberdade; consistência e padrões; prevenção de erros; reconhecimento ao invés de relembrança; flexibilidade e eficiência de uso; estética e *design* minimalista; ajuda aos usuários no reconhecimento, diagnóstico e correção de erros; e ajuda e documentação.

A construção da interface do CX, além de seguir as métricas de usabilidade supracitadas, contou com os processos de avaliação, no sentido de identificar problemas de *design* e usabilidade (Araújo, 2013), e de formalização, com o intuito de apoiar o desenvolvimento, reduzindo erros e não-conformidades com relação à sua especificação (Brant-Ribeiro, 2014).

Dessa forma, foi construído um *frontend* Web para acesso às informações capturadas em aula pautado em padrões robustos de usabilidade e controle de acesso. A Figura 4.5 mostra a tela de visualização das disciplinas do sistema para um usuário. Nela é possível visualizar, além de *links* para páginas de configuração pessoal, todas as disciplinas em que o usuário está matriculado caso esse seja um aluno e também todas as disciplinas ministradas pelo usuário caso ele seja um professor, uma vez que é suportado pelo sistema que o mesmo usuário apresente ambos os papéis. Na interface, é disponibilizado ainda, um *feed* de notícias sobre atualizações ocorridas nas disciplinas vinculadas ao usuário.

4.1.5 Extensão

No CX, a implementação dos fundamentos de extensão de conteúdo multimídia foi realizada com a incorporação de funcionalidades sociais e colaborativas de classificação hierárquica dos *slides* das aulas e criação de comentários. Tais funcionalidades permitem aos usuários a interação com o conteúdo apresentado e possibilitam a extensão contínua das informações presentes na plataforma.

O gerenciamento do conteúdo colaborativo é realizado por uma aplicação à parte que se comunica com os componentes de software responsáveis pela apresentação e exibição

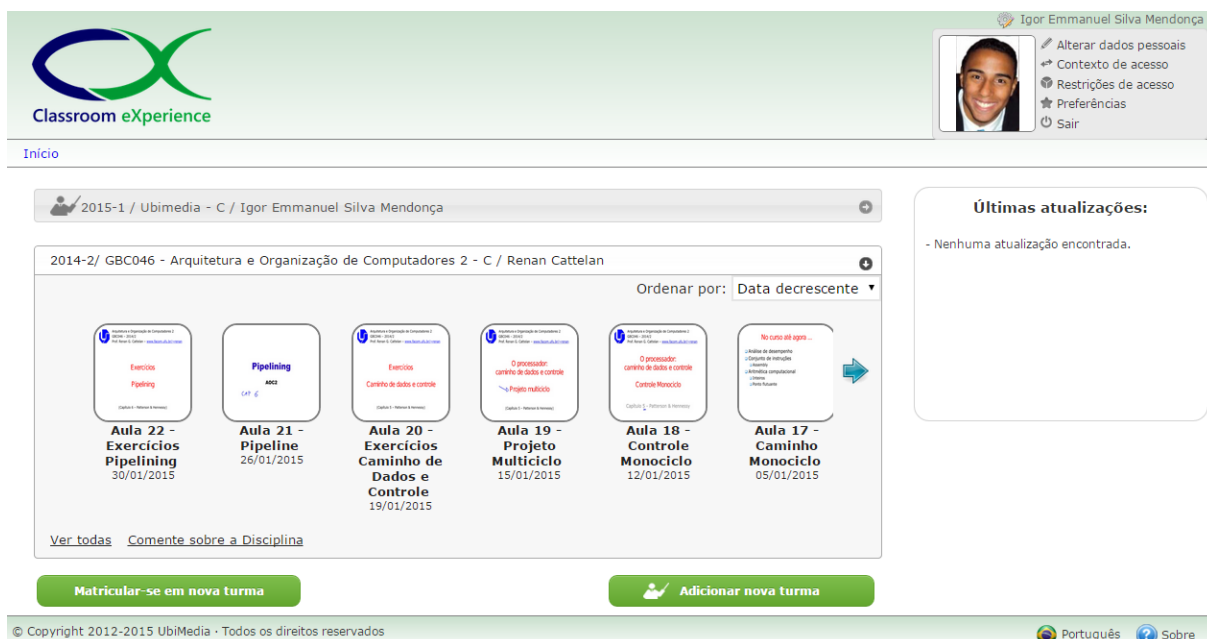


Figura 4.5: Tela de visualização das disciplinas do Classroom eXperience.

do conteúdo das aulas no CX, atuando como módulo adicional fracamente acoplado à plataforma associada.

A construção da aplicação colaborativa foi realizada como prova de conceito para a validação do modelo de extensão multimídia ora proposto, com o intuito de definir uma arquitetura de software que suporte e implemente os componentes, relacionamentos e entidades do modelo em ambiente Web 2.0. Como estudo de caso, a aplicação colaborativa foi acoplada à plataforma CX, para verificação de sua aplicabilidade em um AEU real. A Seção 4.2 apresenta detalhadamente como o estudo de caso foi realizado, desde a construção da aplicação social e colaborativa de extensão de conteúdo, até sua integração com o CX.

4.2 Implementação do Módulo Colaborativo de Extensão e Classificação de Conteúdo Multimídia

A construção da aplicação colaborativa foi realizada utilizando o modelo social e colaborativo de extensão e associação entre artefatos de mídia ora proposto (Mendonça *et al.*, 2014). Conforme já mencionado, o modelo é embasado nos conceitos de Composição Hipermídia (Ismail, 2009) e possibilita a existência de *links* entre artefatos de mídia que podem estar representados em diferentes formatos. No caso específico do CX, imagens que representam os *slides* das aulas, as próprias aulas ou qualquer outro artefato desejado. Foram explorados os conceitos da Web 2.0, que prevê interatividade e dinamismo entre a plataforma e os usuários.

Nesse sentido, foi construído um protótipo funcional que implementa as diretrizes do

modelo de extensão e classificação apresentado, para ser utilizado por usuários reais e assim, verificar a viabilidade da solução. A prototipagem foi uma abordagem interessante no contexto do projeto, uma vez que permitiu que uma infraestrutura computacional complexa de suporte fosse deixada de lado e o foco se mantivesse centrado nos requisitos conceituais da solução apresentada.

Baseado no modelo proposto, foi desenvolvido um sistema colaborativo para a criação de anotações e inferência de classificação de conteúdo digital multimídia em ambientes Web 2.0. O sistema permite que os usuários criem anotações de texto (*comentários*) a respeito do conteúdo referenciado (*artefatos*) e associem um grau de relevância (*classificador*) aos mesmos, utilizando a abordagem de *ranking* por estrelas, comumente utilizada em sistemas Web. Os comentários criados também são passíveis de classificação, no intuito de dimensionar a aceitação destes frente à comunidade de usuários.

Para prover integração com diferentes sistemas e assim explorar os conceitos abordados em diversas áreas do conhecimento, a arquitetura do sistema colaborativo é embasada nos conceitos da arquitetura orientada a serviços, ou *Service-Oriented Architecture (SOA)* (Dan *et al.*, 2008; Wilde *et al.*, 2008). Visto que o âmbito da abordagem desta proposta são os ambientes Web 2.0, a implementação da plataforma colaborativa foi realizada de modo a disponibilizar suas funcionalidades como serviços Web.

4.2.1 Arquitetura do Sistema Colaborativo

O sistema está dividido em dois módulos que se comunicam entre si: os *componentes visuais*, que são elementos de interface, responsáveis por realizar as requisições de serviços advindas dos usuários e exibir os elementos gráficos da aplicação; e os *serviços Web*, responsáveis por buscar e armazenar as informações do sistema. Os serviços Web disponibilizam funcionalidades de criação, associação, busca e gestão dos artefatos de mídia requisitados ou solicitados pela aplicação hospedeira. Já os componentes visuais são estruturas que são disponibilizadas juntamente com o conteúdo referenciado e permitem que os usuários acionem os serviços disponibilizados pelo sistema colaborativo. A implementação dos diferentes tipos de componentes do modelo foi realizada com a construção de três tabelas em um banco de dados relacional, que armazenam as informações de cada componente. As relações existentes entre as tabelas seguem as relações descritas no modelo.

Os elementos da interface com o usuário foram desenvolvidos utilizando tecnologias de interpretação padronizada por navegadores Web, como a já mencionada CSS (*Cascading Style Sheets*), *JavaScript* e Ajax (*Asynchronous Javascript and XML*). Esses componentes gráficos oferecem recursos que permitem a interação dos usuários com o conteúdo multimídia disponibilizado. Com relação ao servidor, foi desenvolvida uma aplicação utilizando

a tecnologia Java⁶ com o framework VRaptor Scaffold⁷ para disponibilização dos métodos responsáveis por acessar a base de dados e realizar tarefas de gravação e busca de informações, por meio de serviços Web.

Os serviços Web são capazes de registrar comentários e vinculá-los a artefatos multimídia ou a outros comentários, buscar os comentários vinculados aos artefatos e registrar classificação de artefatos (em estrelas) e comentários (relevante ou não relevante). Os serviços Web produzem objetos no formato JSON⁸ (*JavaScript Object Notation*) e, dessa forma, são capazes de se comunicar facilmente com interpretadores *JavaScript*. Os serviços são executados pelo servidor Web Tomcat 6.0⁹ e as informações são armazenadas em banco de dados Postgres¹⁰.

O sistema colaborativo utiliza uma adaptação do padrão de projeto modelo-visão-controlador, ou *Model-View-Controller (MVC)* em Inglês, no qual os *Controllers* são representados pela implementação dos serviços da plataforma e sua disponibilização como serviços Web, enquanto que a *View* é composta pelos componentes visuais responsáveis pela exibição das informações. A arquitetura de serviços e relacionamentos entre seus componentes podem ser observados na Figura 4.6, que evidencia cada componente de software do sistema e sua representação no modelo MVC.

4.2.2 Projeto de Interface do Sistema Colaborativo

É de fundamental importância que os mecanismos de interação dos usuários com as interfaces Web disponibilizadas sejam adequadas ao contexto de sua aplicação, para que tanto a experiência de uso, quanto as análises realizadas no estudo não sejam prejudicadas.

Nesse sentido, assim como no *frontend* de acesso do CX, o projeto de interface do sistema colaborativo foi desenvolvido respeitando os princípios de projeto pautados na Interação Humano Computador (IHC) embasados em plataformas educacionais virtuais. Em específico, foram analisadas premissas da construção de aplicações direcionadas para ambientes Web, tais como “reconhecimento ao invés de relembração”, “estética e design minimalista” e “visibilidade do status do sistema”. Tais conceitos fazem parte das 10 heurísticas de Nielsen (Nielsen, 1993), que são *guidelines* para usabilidade de sistemas computacionais.

A partir dessas *guidelines* foram desenvolvidos protótipos em baixa fidelidade no intuito de validar a interface das funcionalidades presentes no sistema colaborativo. Para explorar os conceitos da premissa “reconhecimento ao invés de relembração” foram utilizados recursos gráficos de classificação e inferência de impressões semelhantes aos existentes

⁶<http://www.java.com>

⁷<http://www.vraptor.org/>

⁸<http://json.org/>

⁹<http://tomcat.apache.org/>

¹⁰<http://www.postgresql.org/>

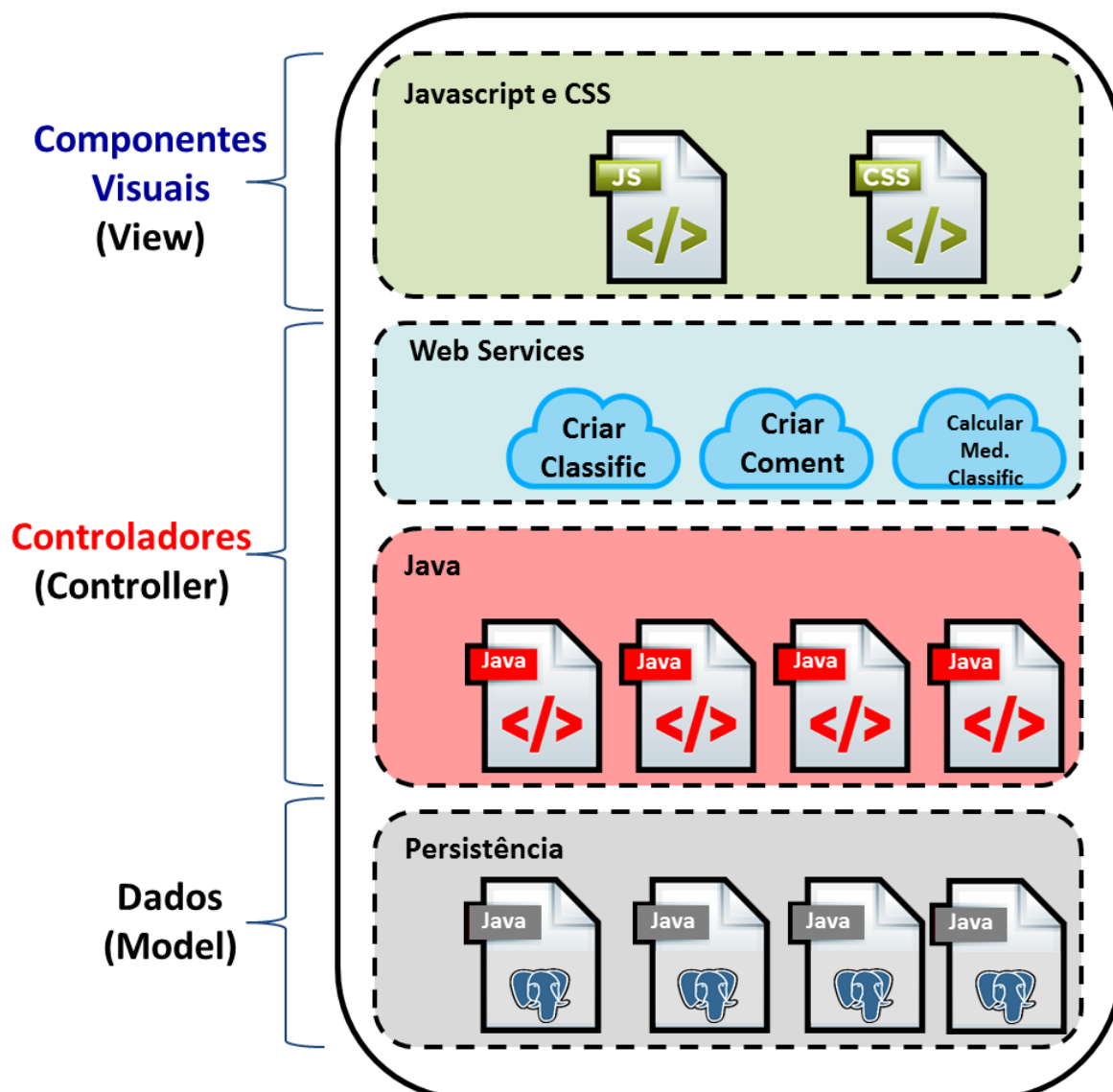


Figura 4.6: Arquitetura do sistema colaborativo de extensão e classificação de conteúdo multimídia.

em plataformas sociais como Facebook¹¹, Instagram¹² e Twitter¹³, tais como: *thumbs-up* e *thumbs-down* para que os usuários possam aferir impressões positivas ou negativas sobre o conteúdo; *frames* para inserção de comentários e réplicas; e *ranking* por estrelas. Para prover “estética e design minimalista” foram utilizados *frames* retráteis que são exibidos apenas quando o usuário projeta o cursor sobre os mesmos. E, por fim, um componente gráfico que ilustra a quantidade média de *ranking* que possui o *artefato* principal da plataforma, garante a “visibilidade do status do sistema” para a plataforma colaborativa.

A partir da validação dos protótipos, os elementos de interface com o usuário foram implementados utilizando folhas de estilo CSS e um arquivo *JavaScript*. Nas folhas de estilo foram configurados os espaços reservados para o componente de inclusão de comen-

¹¹<https://www.facebook.com/>

¹²<http://instagram.com/>

¹³<https://twitter.com/?lang=pt>

tários, o componente de inferência de relevância e as especificações de exibição desses elementos, como estilo das fontes, imagens e formatações.

O arquivo *JavaScript* contém funções responsáveis por requisitar tarefas ao sistema colaborativo por meio dos serviços Web da plataforma, tratar o retorno das requisições, referenciar os elementos das folhas de estilo e, com auxílio do modelo DOM (*Document Object Model*), exibir as informações nas páginas Web do sistema hospedeiro. A própria construção e renderização dos elementos gráficos a serem exibidos na tela é realizada por meio de requisições do serviço Web responsável por buscar as informações colaborativas aos artefatos multimídia referenciados. As requisições são realizadas por meio da tecnologia Ajax, utilizando o framework jQuery 1.11 no auxílio à exibição das informações.

Assim, foi construído um sistema para extensão e classificação de conteúdo digital multimídia que explora a interatividade da Web 2.0 e disponibiliza funcionalidades sociais e colaborativas de inclusão de comentários e inferência de *ranking* de artefatos digitais via serviços Web.

4.2.3 Integração do Sistema Colaborativo com o CX

O sistema colaborativo foi acoplado ao *frontend* do CX, como um módulo complementar, buscando explorar, na prática, abordagens sociais e colaborativas para a construção do conhecimento. Por apresentar componentes de software fracamente acoplados ao CX, a disponibilidade do módulo em nada influencia o funcionamento da plataforma e a comunicação é realizada de forma transparente. As funcionalidades do módulo são disponibilizadas na interface de apresentação juntamente com o conteúdo capturado. A informação digital que representa o *artefato* do modelo de extensão, neste caso, são os *slides* das aulas. Dessa forma, o módulo colaborativo permite aos usuários do CX, a criação de comentários a respeito dos slides das aulas e inferência de *ranking* dos mesmos.

A integração entre o CX e o módulo colaborativo foi realizada em três etapas. Primeiro, as folhas de estilos e o arquivos *JavaScript* do módulo foram incluídos ao código fonte do CX. Com isso, o CX passou a ter acesso aos serviços Web disponibilizados pelo sistema colaborativo e aos recursos de configuração necessários à construção e à exibição de seus componentes gráficos.

Na segunda etapa foram realizadas configurações extras no CX, para que esse fosse capaz de disponibilizar os parâmetros necessários à realização das tarefas do módulo colaborativo. Tais configurações consistiram em informar ao módulo atributos que identificassem unicamente o artefato de mídia referenciado, nesse caso, os *slides* de aula.

No CX, os *slides* de aula são identificados por dois atributos: o identificador numérico do *slide* e o identificador da aula a que pertence o *slide*. Essas informações foram disponibilizadas ao módulo colaborativo como parâmetros de sua própria URL. De posse dessas informações, o módulo é capaz de construir os *artefatos* e vinculá-los a outras mídias

(comentários e *ranking*).

E, por fim, a última etapa da integração foi a inclusão de *tags* HTML no *frontend* do CX para indicar as páginas nas quais os componentes gráficos do módulo colaborativo seriam renderizados. As *tags* do tipo “div”, nas folhas de estilo XSLT, são responsáveis pela construção das páginas de apresentação de conteúdo no CX. A partir das informações dessas *tags*, o módulo colaborativo é capaz de exibir os componentes e as informações colaborativas dos *slides* das aulas.

O CX conta com componentes visuais de navegação entre os *slides* das aulas que carregam as informações dos *slides*, bem como as anotações realizadas pelo professor em sala de aula, a cada interação do usuário com a plataforma. O módulo colaborativo toma proveito desses mecanismos para requisitar as informações colaborativas dos *slides* especificados e exibi-las juntamente com o seu conteúdo.

A classificação dos *slides* das aulas foi realizada utilizando a abordagem de *ranking* por estrelas, comumente utilizada por plataformas Web. Dessa forma, os usuários podem aferir grau de relevância a um *slide*. O módulo disponibiliza ainda um componente visual que exibe a média de *ranking* de cada *slide*. Essa abordagem traz diversos benefícios, pois ao realizar o *ranking*, os usuários mensuram subjetivamente a importância do conteúdo de cada *slide* e essas informações podem ser aproveitadas em diferentes níveis. No contexto individual dos usuários, essas informações podem ser parâmetros de personalização e futura consulta. Enquanto que no âmbito da população de usuários, informações de classificação são importantes parâmetros para hierarquização e recomendação de conteúdo.

A inclusão de informações textuais referentes aos *slides* configuram outra importante abordagem de extensão de conteúdo educacional digital. O módulo colaborativo disponibiliza, no CX, mecanismos de criação de comentários que podem ser associados aos *slides* das aulas e às disciplinas. A ideia é encorajar os usuários a contribuírem com as informações já existentes na plataforma e, assim, ajudar a estender e refinar o conteúdo. Os comentários são passíveis de réplica e classificação no intuito de incentivar o debate e mensurar a relevância dos comentários criados. No entanto, a classificação atribuída aos comentários segue uma abordagem diferente da utilizada no *slides*. Para os comentários, a classificação utiliza a abordagem *thumbs-up/thumbs-down*, comum em redes sociais.

A Figura 4.7 mostra a página de exibição de conteúdo no CX no formato HTML. É possível notar a existência do componente de exibição do vídeo da aula, situado no canto superior direito da imagem, os componentes colaborativos de inferência de classificação de *slides* (região “a”) e criação de comentários (região “b”), o componente visual de informação média de classificação (região “c”), além dos mecanismos de navegação entre os *slides* da aula, na parte inferior da figura.

Já a Figura 4.8 apresenta uma instância do serviço de inferência de *ranking* de *slides* do módulo colaborativo no CX. É apresentado ainda a relação entre os componentes da arquitetura do módulo e a sequência de passos necessários para que a tarefa seja

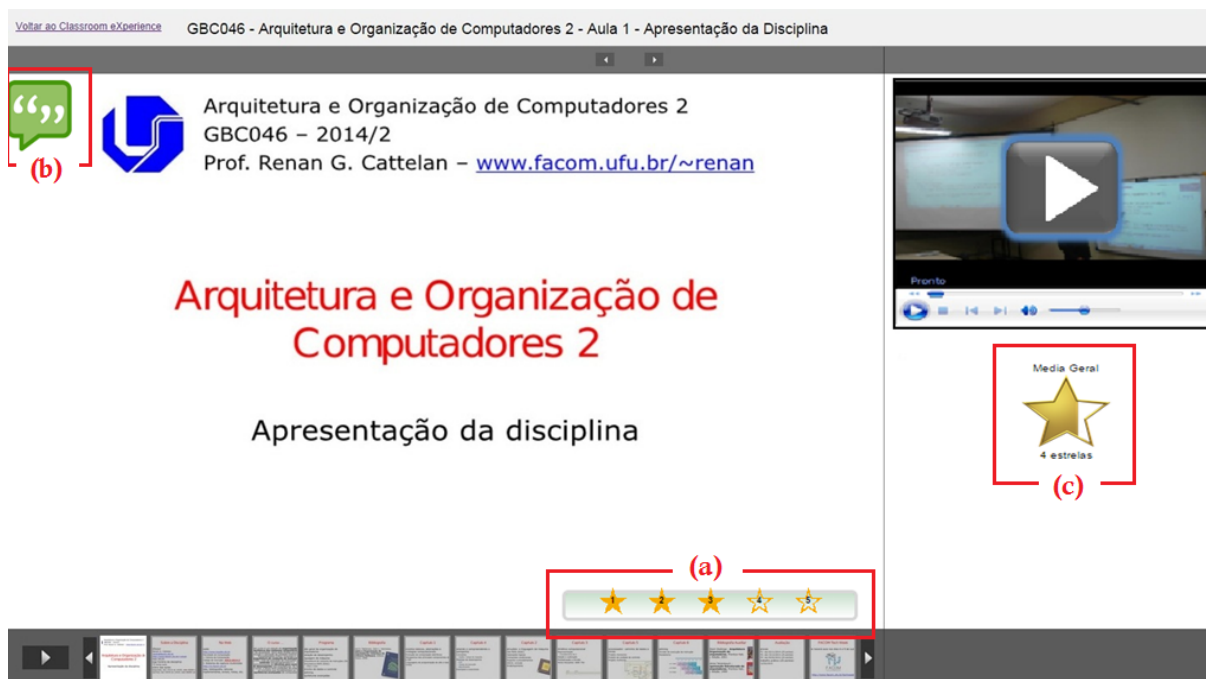


Figura 4.7: Tela de exibição dos *slides* de aula no Classroom eXperience.

concluída. O processo é iniciado com a requisição do usuário para classificação de um *slide*. A página executa a função “registraRank” contida no arquivo *JavaScript* do módulo (*jSocial.js*), passando os identificadores do *slide* da aula como parâmetro (passo 1). O arquivo *JavaScript* do módulo, por meio de requisição Ajax, aciona o serviço Web de inclusão/alteração da informação de *ranking* de artefatos na base da aplicação (passo 2). O serviço Web, ao receber a requisição, realiza as operações necessárias ao armazenamento da classificação do artefato (passos 3 e 4) e retorna as informações do objeto classificado com as informações do artefato para o arquivo *JavaScript* no formato JSON (passos 5, 6 e 7). Por fim, o arquivo *jSocial.js* interpreta o retorno da requisição, acessa as folhas de estilos do módulo e constrói o componente de *ranking* com as informações colaborativas do *slide* no *frontend* do CX (passo 8).

Assim, as informações produzidas pelos usuários por meio do módulo colaborativo enriquecem o conteúdo digital, fomentam o aprendizado coletivo e produzem uma rede social constituída de alunos e instrutores. Como algumas informações individuais dos usuários são também armazenadas pelo módulo colaborativo, esse é capaz de gerar subsídios para requisitos de recomendação e personalização de conteúdo refinado com base na população de usuários da plataforma, permitindo a utilização de estratégias de apresentação de conteúdo em diferentes níveis, seja individual ou coletivo.

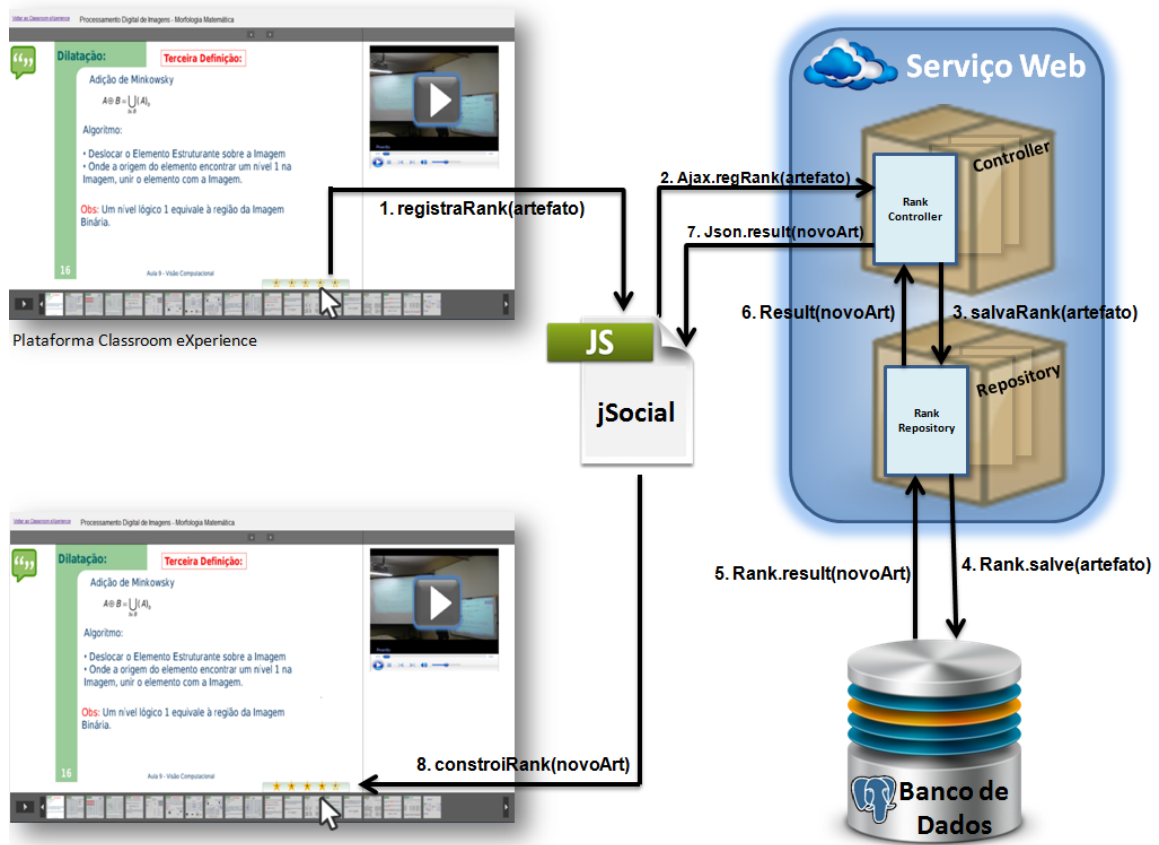


Figura 4.8: Modelo de requisição de *ranking* de *slide* no CX

4.3 Considerações Finais

Neste capítulo, foi inicialmente apresentado o *Classroom eXperience* (CX), uma plataforma de captura multimídia desenvolvida para apoiar professores e alunos nos processos de ensino e aprendizagem ao automatizar atividades de C&A em ambientes educacionais instrumentados. As diretrizes e especificações técnicas implementadas no CX foram também apresentadas como forma de esclarecimento quanto a seu funcionamento e usabilidade.

Para a validação do modelo ora proposto e com o intuito de propor uma arquitetura de software que suporte e implemente as premissas apresentadas, foi desenvolvido um sistema colaborativo para extensão e classificação de conteúdo multimídia em ambiente Web 2.0, respeitando os critérios descritos pelo modelo. O sistema foi projetado de modo fracamente acoplado utilizando padrões robustos de comunicabilidade/interoperabilidade direcionados para plataformas Web e disponibiliza serviços Web capazes de registrar anotações textuais e classificação hierárquica dos conteúdos digitais referenciados.

Como prova de conceito e estudo de caso, o sistema colaborativo foi integrado à plataforma educacional ubíqua CX como um módulo Web adicional. O módulo colaborativo foi integrado ao componente de software responsável pela exibição do conteúdo das aulas e, com isso, foram disponibilizadas aos usuários do CX funcionalidades que permitem a classificação hierárquica dos *slides* das aulas, utilizando a abordagem de *ranking* por

estrelas, e a criação de comentários.

No próximo capítulo, será descrito o acompanhamento e análise do uso do CX como ferramenta de apoio em duas disciplinas de graduação, em um experimento que atendeu dois professores e cerca de 50 alunos.

Validação do Modelo de Extensão e Classificação Multimídia

Com o intuito de analisar o impacto da inclusão das funcionalidades sociais e colaborativas na plataforma CX e de verificar sua aceitação pelos usuários, o uso do sistema por alunos de graduação em Ciência da Computação e Sistemas de Informação da FACOM/UFU foi acompanhado durante 2 semestres letivos. O experimento foi conduzido utilizando uma adaptação do Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM) (Davis, 1986), que é um modelo que visa o entendimento dos processos de aceitação, por parte dos usuários, de tecnologias apoiadas por computador. A partir das premissas do modelo, foram identificados e avaliados quatro critérios, ditos dimensões, que influenciam a pretensão de uso futuro da plataforma frente à incorporação de novas tecnologias no contexto dos AEU's. Tais dimensões, apresentadas e detalhadas no decorrer deste capítulo, incluem: percepção de utilização; percepção de facilidade de uso; nível de aceitação de novas tecnologias e o desempenho.

As informações analisadas no experimento são oriundas dos dados de utilização da plataforma (*logs* de acesso), das notas obtidas pelos alunos ao fim de cada semestre letivo e das respostas de um questionário avaliativo aplicado às turmas assistidas. Os resultados obtidos se mostraram promissores para as dimensões analisadas e possibilitaram uma série de discussões relativas à exploração de abordagens sociais e colaborativas aplicadas aos AEU's.

Para melhor detalhar a validação realizada, este capítulo está da seguinte forma estruturado: na Seção 5.1 é apresentado o Modelo de Aceitação de Tecnologia, suas premissas e adaptações para o contexto deste trabalho; a Seção 5.2 apresenta detalhes de como os

dados para a realização do experimento foram coletados e validados; a Seção 5.3 descreve as análises que foram realizadas e os resultados; a Seção 5.4 apresenta as discussões em torno dos resultados obtidos e, por fim, a Seção 5.5 apresenta as considerações finais sobre o capítulo.

5.1 Modelo de Aceitação de Tecnologia

O Modelo de Aceitação de Tecnologia, ou *Technology Acceptance Model (TAM)*, proposto por (Davis, 1986), vem sendo utilizado há mais de vinte anos para mensurar a aceitação de novas tecnologias da informação. Trata-se de um modelo que visa analisar a influência que variáveis pré-definidas exercem sobre o grau de pretensão de uso futuro de novas tecnologias.

No contexto de tecnologias da informação, o TAM possui uma forte fundamentação teórica, uma vez que é embasado nos conceitos da Teoria da Ação Racional, ou *Theory of Reasoned Action* (TRA) (Ling e Yuan, 2012; Shareef *et al.*, 2013), e na Teoria do Comportamento Planejado, ou *Theory of Planned Behavior* (TPB) (Ajzen, 1985; Lu e Ting, 2013; Yu *et al.*, 2011). A TRA defende que o comportamento das pessoas é diretamente influenciado pela sua intenção em realizar algo, característica que afeta também suas atitudes e ações. Já a TPB versa sobre a influência que fatores motivacionais exercem sobre o comportamento dos indivíduos ao realizar ações, como o esforço necessário para a realizar a ação ou a quantidade de atenção que estariam dispostos a dedicar para que a mesma seja concretizada. Dessa forma, é notório que o TAM é um modelo focado em características motivacionais e comportamentais dos indivíduos, sejam elas internas ou externas.

O modelo TAM é passível de adaptação ao seu contexto de aplicação. São encontrados na literatura diversos trabalhos que realizam modificações e extensões, com o intuito de adaptar suas premissas às abordagens propostas (Almeida Brito *et al.*, 2011; Evans *et al.*, 2014; Nistor *et al.*, 2014; Park *et al.*, 2014; Peris *et al.*, 2013; Saiful Bahry *et al.*, 2012). No entanto, a inclusão ou modificação dos quesitos presentes no modelo devem ser consideradas cuidadosamente e com antecedência, para que a efetividade da adoção do modelo seja garantida.

Com base nessas assertivas, foi proposta a utilização do modelo TAM em uma versão adaptada ao contexto deste trabalho, para mensurar o impacto e a aceitação das funcionalidades sociais e colaborativas pelos usuários da plataforma CX, e, dessa forma, verificar quais fatores mais afetam a intenção de uso das mesmas.

5.1.1 Percepção de Utilidade e Percepção de Facilidade de Uso

Em sua versão original, o TAM prevê dois critérios, ditos dimensões de análise, que fazem referência justamente a questões motivacionais como forma de predizer ações dos indivíduos: a Percepção de Utilidade (PU) e a Percepção de Facilidade de Uso (PFU) da nova tecnologia. A PU diz respeito ao grau que o indivíduo acredita que a utilização da nova tecnologia pode melhorar o seu desempenho ou experiência de uso. Já a PFU pode ser entendida como o nível de esforço que o indivíduo acredita ser necessário para fazer uso da nova tecnologia.

A partir das dimensões originais do TAM e considerando o contexto de interação dos usuários em AEU, em específico, na utilização da plataforma CX, foram elaboradas as seguintes hipóteses de relação entre a PU, a PFU e a pretensão de uso da plataforma:

Hipótese 1. *A Percepção de Utilidade da plataforma CX e das funcionalidades colaborativas influencia diretamente a intenção de uso das mesmas pelos usuários.*

Hipótese 2. *A Percepção de Facilidade de Uso da plataforma CX e das funcionalidades colaborativas influencia diretamente a intenção de uso das mesmas pelos usuários.*

Com o intuito de aumentar a confiabilidade do TAM e explorar alguns fatores específicos do contexto desta aplicação, foram incluídas ao conjunto de critérios analisados, duas dimensões: a Percepção de Atratividade (PA) e o Desempenho Acadêmico (DA).

5.1.2 Percepção de Atratividade

Abordagens nos quais o modelo TAM é utilizado de forma adaptada ao contexto das aplicações Web, são recorrentes na literatura (Ajilore e Mphahlele, 2013; Balakrishnan *et al.*, 2015; Dai *et al.*, 2011; Dominic e Khan, 2014; Huang, 2015; Saiful Bahry *et al.*, 2012). Tais estudos identificam e consideram, além dos critérios presentes no modelo original, diversas características próprias dos ambientes virtuais Web, que influenciam as decisões de utilização futura dessas plataformas.

A Percepção de Atratividade (PA) das plataformas é um quesito comumente encontrado em trabalhos que aplicam o modelo TAM em ambientes Web. Esse critério pode ser entendido como o nível de atração que os componentes e funcionalidades das aplicações exercem nos usuários, e sua análise busca identificar o grau com que essa relação influencia o interesse na utilização dessas plataformas. A PA considera fatores como: concentração (a capacidade de manter os usuários focados nas tarefas ao utilizar as plataformas), curiosidade (se os componentes das plataformas despertam a curiosidade dos usuários por suas funcionalidades) e apreciação (o nível de desfrute dos usuários no uso das aplicações).

Assim, é possível perceber que os fatores considerados na PA são de grande relevância

para se mensurar a intenção de utilização dos usuários em relação às aplicações Web. Dessa forma, o critério PA foi incluído entre o conjunto de dimensões avaliadas neste trabalho e a seguinte hipótese foi formulada e analisada:

***Hipótese 3.** A Percepção de Atratividade da plataforma CX e das funcionalidades colaborativas influencia diretamente a intenção de uso das mesmas pelos usuários.*

5.1.3 Desempenho Acadêmico

Estudos revelam que a adoção de tecnologias da informação no contexto educacional provê resultados positivos para alunos e professores, fomentando os processos de ensino e aprendizagem (Brant-Ribeiro, 2014). Recursos tecnológicos são capazes de disponibilizar serviços e informações a qualquer hora e em qualquer lugar, representando uma abundante fonte de conhecimento (Banday, 2012; Wan, 2010). Especificamente para os estudantes, a tecnologia auxilia a obtenção de informação extra às discutidas nas aulas e, com isso, os conteúdos vistos podem ser assimilados de maneira mais consistente e completa.

A forma mais comum utilizada para determinar o nível de conhecimento dos alunos é a aplicação de avaliações referentes aos temas discutidos. Métodos e recursos que auxiliam os estudantes na aquisição de conhecimento e, por conseguinte, na obtenção de bons resultados nas avaliações, são estratégias que tendem a ser repetidas e aprimoradas continuamente. Assim, é possível traçar uma relação entre a incorporação de novas tecnologias no contexto educacional, visando alavancar a compreensão dos assuntos debatidos, e o desempenho dos alunos frente às avaliações.

A partir dessas assertivas, é possível conjecturar que a percepção de ganho no desempenho dos alunos pode ser um quesito que exerce influência na intenção de uso de tecnologias aplicadas ao contexto educacional. Desse modo, a dimensão “Desempenho Acadêmico” (DA) passou a compor o conjunto de critérios avaliados deste experimento e a seguinte hipótese, voltada ao contexto de uso do CX, foi formulada:

***Hipótese 4.** O uso da plataforma CX e das funcionalidades colaborativas influencia diretamente o Desempenho Acadêmico dos usuários.*

5.2 Coleta dos Dados

Para investigar as variáveis presentes no escopo do modelo de aceitação, foram utilizados questionários avaliativos e analisaram-se os registros de utilização da plataforma por alunos de duas turmas de graduação, uma do Bacharelado em Ciência da Computação e outra do Bacharelado em Sistemas de Informação, ambas da FACOM/UFU, durante dois semestres letivos.

O questionário foi desenvolvido de modo a obter as impressões dos usuários da plataforma ao fazer uso das funcionalidades colaborativas. As questões contidas no questionário foram pensadas de modo a explorar as dimensões avaliadas no modelo TAM adaptado a este contexto. Com o intuito de se certificar que as respostas não foram dadas de maneira leviana, foi utilizada a negação de alternativas, uma técnica de legitimação de respostas na qual as ideias avaliadas são discutidas em mais de uma pergunta, sendo expostas aparentemente de maneira oposta (Huang *et al.*, 2014).

Para cada dimensão considerada no modelo de aceitação, foram construídas duas afirmativas, com o objetivo de evidenciar as impressões dos usuários frente à dimensão avaliada. Aplicando a técnica da negação de alternativas, para cada asserção proposta foi construída uma nova afirmativa com ideia oposta à primeira. Dessa forma, o questionário foi composto por uma lista de dezesseis afirmativas que apresentaram diferentes pontos de vista sobre a usabilidade da plataforma CX e das funcionalidades colaborativas, e o impacto dessas no contexto educacional analisado. Disponibilizou-se, para cada afirmativa do questionário, uma *Escala Likert* de cinco pontos com os possíveis graus de concordância que os usuários poderiam ter das afirmações, variando desde *Discordo Totalmente* até *Concordo Totalmente*. A lista com as afirmativas utilizadas nos questionários é apresentada a seguir:

1. Gostei de poder classificar os slides por estrelas, expressando sua relevância.
2. Realizei acessos apenas em aulas específicas quando fiz uso do CX.
3. Achei que os comentários forneceram informações complementares ao conteúdo dos slides.
4. As informações de classificação dos slides, como a Média Geral de Estrelas, foram mais úteis para estudar que os comentários.
5. Ao meu ver, as informações dos comentários e dos classificadores (estrelas) ajudaram na compreensão do conteúdo apresentado.
6. Achei a interface difícil de usar, sendo confuso criar comentários.
7. A classificação por estrelas era intuitiva e simples de se usar.
8. Não encontrei nos comentários informações que me ajudaram a compreender o conteúdo dos slides.
9. Achei irrelevante poder classificar os slides com estrelas.
10. Visitei diferentes aulas cada vez que acessei o CX para estudos e revisões.
11. Para mim, os comentários não foram relevantes, nem ofereceram informação extra à já contida nos slides.
12. Os comentários foram mais relevantes para as aulas do que a classificação dos slides (estrelas), na minha opinião.

13. Achei que as ferramentas de criação de comentários e classificação de slides (estrelas) não auxiliaram meu aprendizado.
14. A interação com a interface ficou boa, sendo fácil criar e ler os comentários.
15. A classificação por estrelas ficou confusa e achei difícil de usar.
16. Para mim, as informações contidas nos comentários auxiliaram o entendimento do conteúdo da disciplina.

Como descrito anteriormente, para se obter as impressões dos usuários do CX com relação às dimensões avaliadas no modelo de aceitação proposto, foram elaboradas e incluídas nos questionários quatro afirmativas para cada dimensão, sendo duas dessas com ideias positivas sobre aspectos do sistema, e outras duas que tratavam da mesma ideia de forma aparentemente oposta. No entanto, somente as questões positivas fizeram parte da análise dos resultados, enquanto que as afirmativas negativas foram utilizadas para legitimação das primeiras.

A relação existente entre as afirmativas e as dimensões seguiram a seguinte ordem: as afirmativas 1 e 10 versaram sobre pontos positivos da PA, enquanto que as afirmativas 2 e 9 apresentaram ideias opostas às primeiras; as afirmativas 3 e 4 apresentaram positivamente a PU, enquanto que as afirmativas 11 e 12 negaram as suas ideias; as afirmativas 5 e 16 consideraram o DA, tendo as afirmativas 8 e 13 por suas negativas; e, por fim, as afirmativas 7 e 14 falaram sobre a PFU, enquanto que as afirmativas 6 e 15 representaram os seus pares opostos.

Foi disponibilizado também um espaço reservado para críticas e sugestões. Presumiu-se que essas respostas, além de ajudarem a mensurar o nível de satisfação da experiência dos usuários com a plataforma, indicassem pontos falhos a serem considerados para evoluções futuras do sistema.

Além da aplicação dos questionários, foram analisados os registros (*logs*) de utilização da plataforma pelos usuários durante os dois semestres letivos. Foram comparados os dados de acesso ao sistema dos alunos que frequentaram as duas disciplinas que utilizaram o CX como ferramenta de apoio. Tais dados, em conjunto com as informações obtidas com a aplicação dos questionários, auxiliaram a realização das análises e conclusões sobre a proposta deste trabalho.

5.3 Resultados Obtidos

Após a elaboração dos questionários e a preparação das ferramentas necessárias para a obtenção das informações de utilização do CX e do módulo colaborativo, um *link* para a página Web onde o questionário estava publicado foi disponibilizado aos usuários do CX na página de *login* da plataforma. Foram também enviados *e-mails* para os alunos

matriculados nas disciplinas assistidas, com o intuito de incentivá-los a responderem a avaliação.

A obtenção das impressões dos alunos foi assistida por cerca de 4 meses. Os resultados obtidos por meio dos questionários, dos registros de utilização da plataforma e do desempenho dos alunos são apresentados a seguir.

5.3.1 Impressões

Dos 55 alunos que utilizaram o CX no segundo semestre letivo analisado, no qual as funcionalidades sociais e colaborativas foram disponibilizadas durante todo o semestre, 25 responderam aos questionários. Para cada par de afirmativas que apresentavam a mesma ideia, sendo uma afirmativa positiva e a outra negativa, era esperado que os alunos respondessem com opiniões opostas, uma vez que essas apresentavam pontos de vista distintos do mesmo conceito. Assim, a validação das afirmações opostas foi realizada com a inversão do segundo item de cada par e o cálculo dos resultados obtidos foi feito de forma conjunta, a fim de confirmar ou anular as respostas do primeiro item. Os resultados finais alcançados com a aplicação dessa técnica de legitimação podem ser observados na Figura 5.1, que apresenta os índices de concordância e discordância (em porcentagem) dos alunos com relação às afirmativas respondidas.

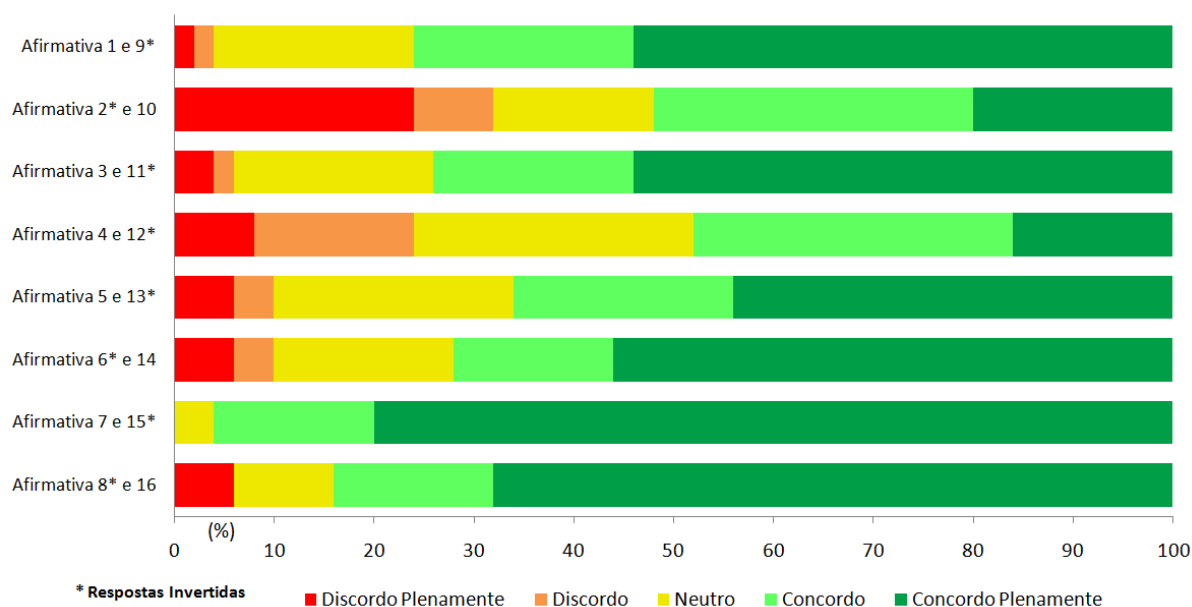


Figura 5.1: Nível de concordância e discordância dos alunos com relação às afirmativas dos questionários.

A análise do gráfico apresentado na Figura 5.1 mostra que houve concordância com a maioria das afirmativas apresentadas. As afirmativas 1 e 10, que buscavam medir o nível de PA dos alunos com relação ao CX, apresentaram índices elevados de concordância, o que evidencia que os usuários consideraram as funções presentes na plataforma atraentes

e, dessa forma, foram incentivados a navegar pelo sistema e acessar diferentes aulas. Dos questionários obtidos, cerca de 60% das afirmativas que versaram sobre a PA foram legitimadas e fizeram parte das análises.

A maioria dos alunos que respondeu o questionário avaliativo acredita que a experiência de utilização do CX é satisfatória, uma vez que esse possui uma interface inteligível. Foi observado ainda, que os usuários julgaram as funcionalidades sociais e colaborativas do CX como fonte de informações complementares que os auxiliaram a melhor compreender o conteúdo apresentado em sala de aula. Esses fatos podem ser concluídos a partir da análise das respostas dos usuários às afirmativas 7 e 14, que versaram sobre a PFU dos usuários em relação à plataforma, e 5 e 16, que buscaram verificar se os alunos consideraram as funcionalidades colaborativas como sendo maneiras de obtenção de conteúdo extra ao debatido em sala. Das respostas obtidas, a análise considerou 72% das afirmativas 7 e 60% das afirmativas 14 para a PFU, enquanto que das afirmativas 5 e 16, foram consideradas 40% e 60%, respectivamente.

A análise das afirmativas 3 e 4, que exploraram a PU do CX, revelou que os alunos reconhecem nos componentes sociais e colaborativos funcionalidades úteis no contexto de utilização da plataforma. No entanto, existe entre os alunos certa imparcialidade entre qual ferramenta colaborativa é mais útil. O classificador (*ranking*) de *slides* apresentou um resultado parcialmente melhor na preferência dos respondedores, sendo mais popular entre eles. Tais conclusões foram embasadas em 52% das afirmativas válidas para a afirmativa 3 e 28% para a afirmativa 4.

As respostas obtidas no espaço reservado para os alunos deixarem suas críticas e sugestões foram também consideradas. As seguintes respostas¹ foram coletadas:

- I. *O aplicativo deveria permitir exportar os slides para .pdf ou power point.*
- II. *O maior problema que encontrei durante o acesso ao site foi em períodos próximos as avaliações, onde o site quase sempre ficava fora do ar no dia anterior a prova, não sei se por não suportar muitos acessos simultâneos ou se apenas coincidência.*
- III. *O sistema está muito legal! Basta que os alunos realmente o utilizem de forma adequada, classificando e deixando comentários, isso futuramente será de grande uso, pois a classificação ajudará nos estudos de todos! Parabéns pela iniciativa, a aula se torna muito mais dinâmica! Obrigado.*
- IV. *Futuramente, se fosse possível obter não apenas os slides, mas também as aulas gravadas, também seria uma ótima ferramenta de aprendizagem para os alunos.*
- V. *Um excelente método de didática. Permite que o aluno consiga maior foco no conteúdo apresentado, pelo fato de estar seguro de que as notas importantes feitas na lousa estarão todas salvas junto aos slides.*

¹Textos reproduzidos de modo fiel às respostas obtidas.

- VI. *Seria interessante que após cada aula o sistema do CX oferecesse exercícios de fixação.*
- VII. *Continue usando CX e espalhe o sucesso para outros professores, já esta na hora de mudar o método antigo e engessado de aprendizagem.*
- VIII. *Excelente plataforma, fácil e intuitiva! Nota A+++++ para o professor.*
- IX. *Vocês poderiam trabalhar uma forma de exportar os slides capturados para pdf. Já que o domínio @facom.ufu.br cai frequentemente, dificultando o estudo on line.*
- X. *Se criarem um modo de salvar os slides da aula (sem ter que salvar imagem por imagem) ficará bem mais útil.*

Observou-se que em sua maioria, as críticas apresentadas pelos usuários recaem sobre a indisponibilidade do sistema em alguns períodos e sobre a possibilidade do material disponibilizado ser extraído da plataforma para estudos *offline*. A indisponibilidade da plataforma é decorrente de eventuais instabilidades da infraestrutura de rede da universidade na qual foi realizada esta pesquisa, fator que está além do alcance dos mantenedores da plataforma. As críticas referentes à disponibilização do material para *download* são comuns, porém fazem parte da adaptação dos alunos à abordagem do CX, que explora o dinamismo da Computação Ubíqua em detrimento a modelos baseados em documentos estáticos.

5.3.2 Acessos ao Sistema

Além dos questionários, as informações de utilização do CX e das funcionalidades colaborativas foram também analisadas. O CX conta com mecanismos responsáveis por registrar os acessos dos usuários na plataforma (Brant-Ribeiro, 2014). Após a autenticação das informações dos usuários na plataforma, esses são direcionados para a página de contexto de uso, na qual eles podem indicar informações de seu contexto para a aplicação. Nesse momento, o CX registra, além dos dados de contexto, a data e a hora em que o usuário adentrou a plataforma. A partir dessas informações, foram obtidos os *logs* semanais de acesso ao sistema e acesso às aulas pelos alunos que fizeram uso da plataforma durante todo o período analisado, com o intuito de comparar os reflexos da inclusão das novas funcionalidades na utilização do sistema.

Foram analisados os acessos ao CX, de alunos matriculados em 2 disciplinas (identificadas como disciplina A e disciplina B) que utilizaram a plataforma como ferramenta de apoio. Com o intuito de compreender os efeitos da inclusão das funcionalidades sociais e colaborativas na plataforma, 2 turmas de cada disciplina foram assistidas em cada semestre letivo. Dessa forma, os alunos de 4 turmas de graduação tiveram os seus dados de acesso à plataforma analisados. As turmas do 1º semestre representaram o grupo controle

do experimento, enquanto que as turmas do 2º semestre contaram com a presença da versão final do módulo social no CX.

Foram construídos gráficos que evidenciam a evolução da quantidade de acessos semanais ao sistema e às aulas durante os semestres letivos para cada turma observada. Tais gráficos podem ser visualizados na Figura 5.2, que exhibe a quantidade de acessos realizados pelas turmas que cursaram a disciplina A, e na Figura 5.3, que apresenta os dados de acesso dos alunos que frequentaram a disciplina B.

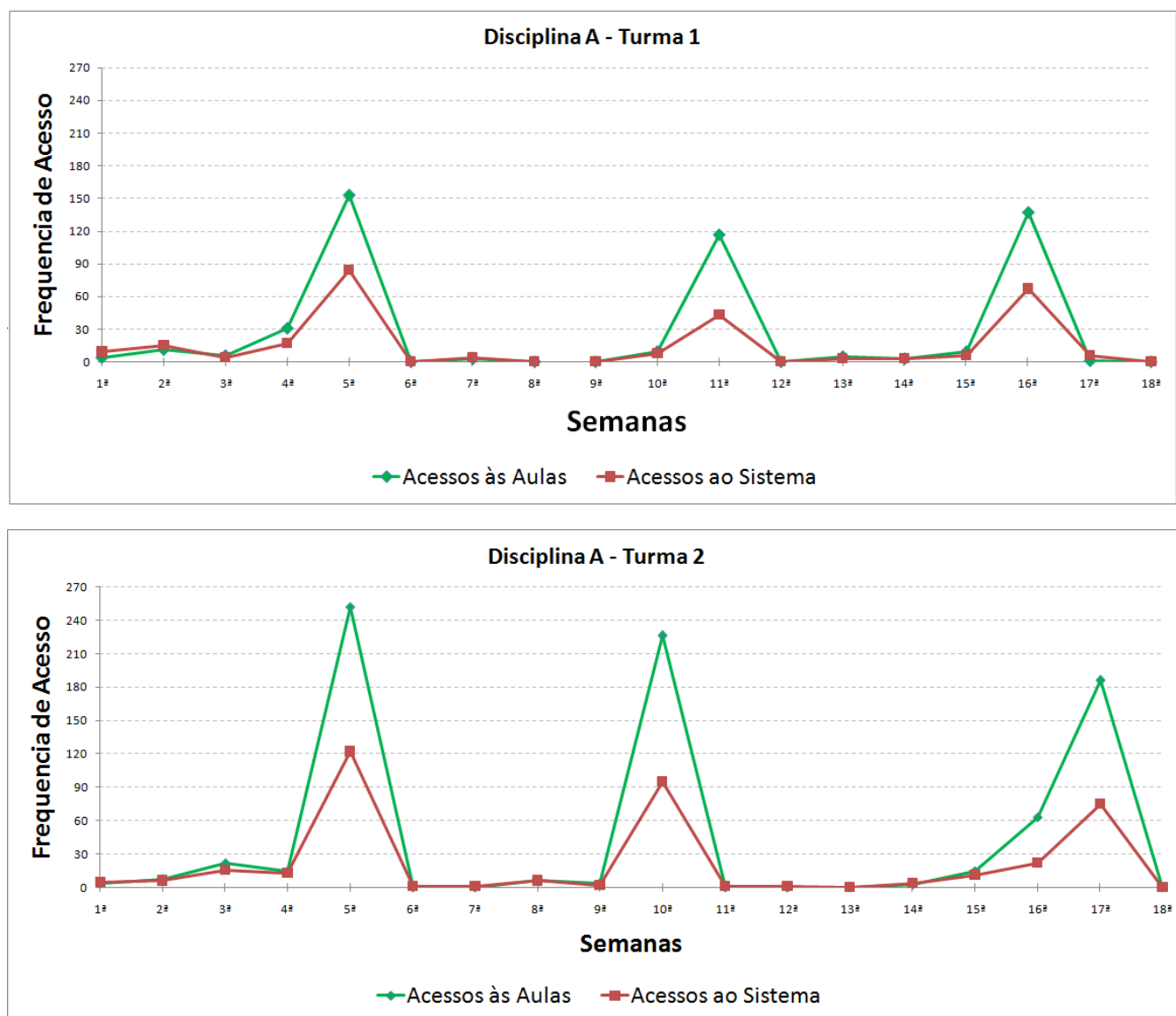


Figura 5.2: Quantidade de acessos ao CX pelos alunos que cursaram a disciplinas A.

Os registros de acesso às aulas foram analisados com mais detalhe, com o objetivo de mensurar a frequência de acessos de cada aula individualmente. A partir dessas informações, foram construídos gráficos que mostram a quantidade de acessos semanais às aulas, quantificados pelos número de acesso a cada aula. A Figura 5.4 apresenta os gráficos acima descritos para os alunos que cursaram a disciplina A, enquanto que a Figura 5.5 apresentam as mesmas informações para os alunos que frequentaram a disciplina B. Os

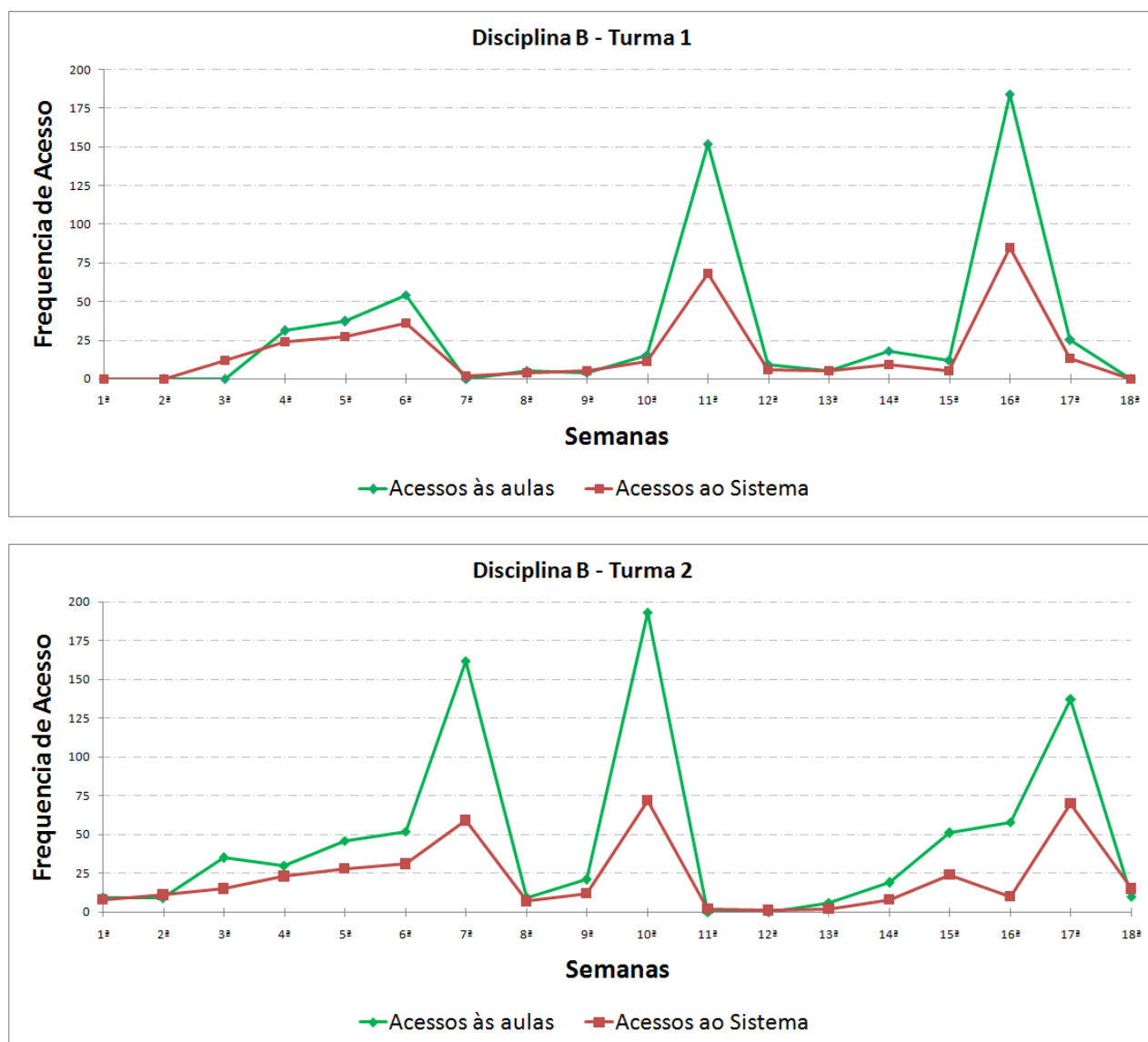


Figura 5.3: Quantidade de acessos ao CX pelos alunos que cursaram a disciplinas B.

gráficos que ilustram a quantidade de acessos ao sistema e às aulas para as disciplinas analisadas podem ser visualizados no Apêndice A desta dissertação.

5.3.3 Desempenho dos Alunos

As notas dos discentes que fizeram parte das turmas analisadas foram utilizadas para compreender se a inclusão das novas tecnologias no contexto do CX trouxeram, de fato, ganhos nos rendimentos dos alunos. Para a realização da análise, testes estatísticos foram utilizados para reforçar se realmente houve diferenças significativas entre os desempenhos dos alunos.

As amostras foram compostas por notas dos alunos matriculados nas turmas avaliadas que apresentaram 75% de frequência durante os semestres analisados. Foram desconsideradas as notas de alunos que apresentaram, ao fim de cada semestre, rendimentos muito

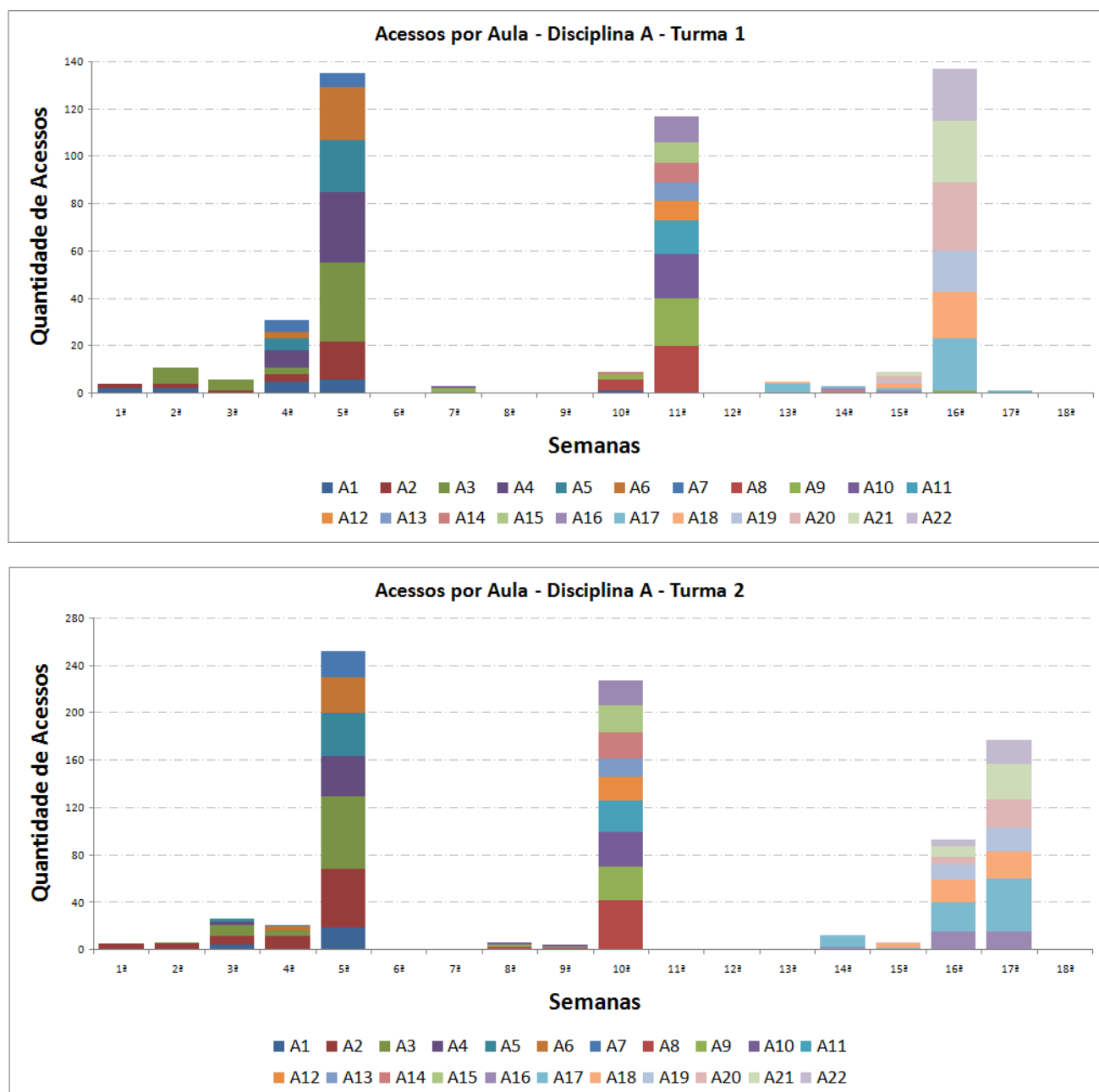


Figura 5.4: Quantidade de acessos às aulas realizados pelos alunos que cursaram a disciplinas A.

destoantes dos demonstrados em outros períodos do mesmo. Entende-se que esses alunos apresentaram maiores possibilidades de terem se comportado de maneira displicente ao final dos semestres por já terem conseguido cumprir os requisitos necessários para aprovação nas disciplinas. Em função disso, o rendimento desses alunos foi desconsiderado da análise final.

A priori, as amostras coletadas foram submetidas ao teste de Shapiro-Wilk (SW) com o intuito de averiguar se os resíduos da variável observada seguiam uma distribuição normal. Posteriormente, foi aplicado o teste de Levene nas amostras de turmas diferentes que cursaram a mesma disciplina para averiguar se havia homogeneidade de variâncias

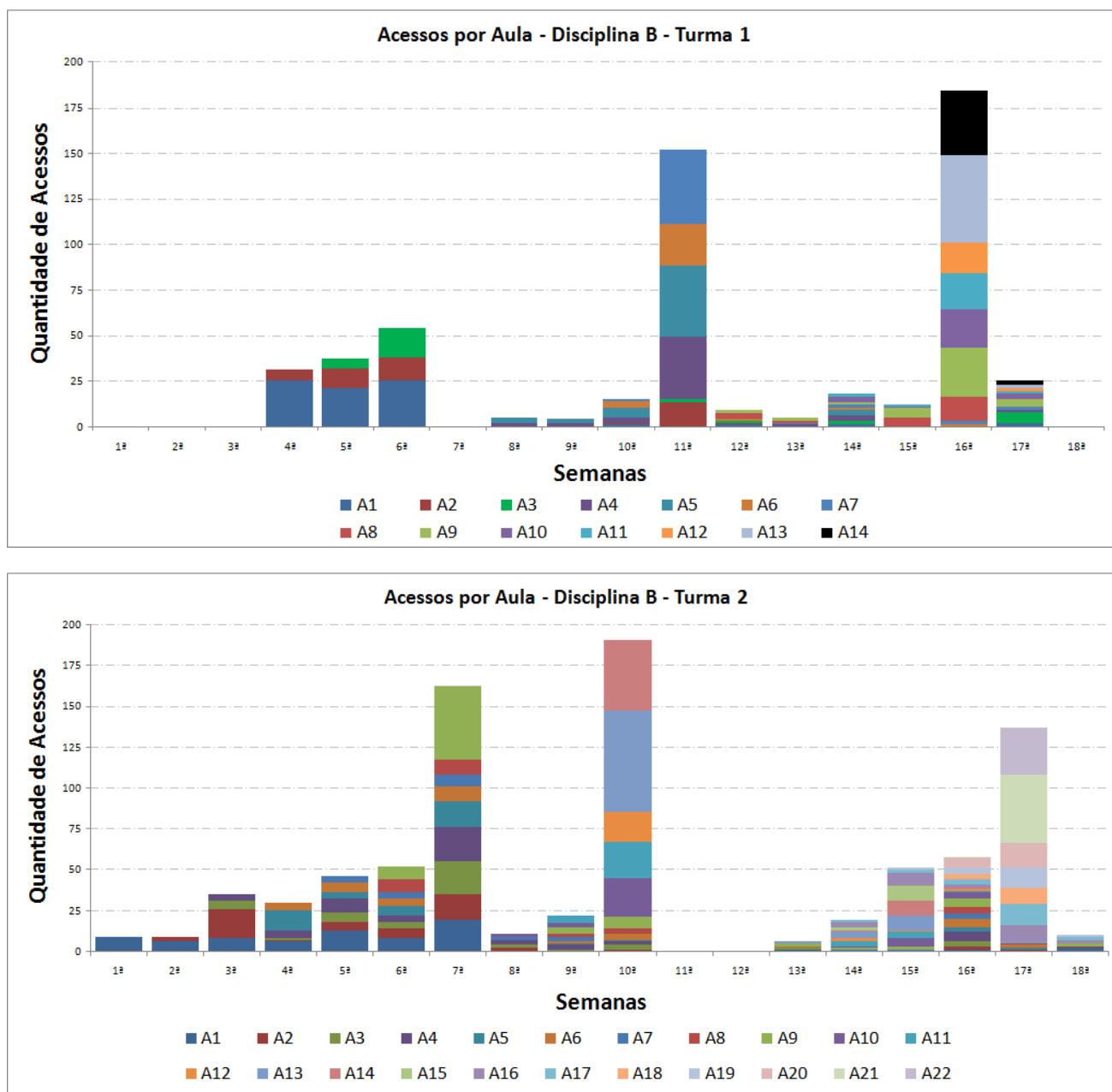


Figura 5.5: Quantidade de acessos às aulas realizados pelos alunos que cursaram a disciplinas B.

entre elas. Então, o teste t de Student foi utilizado para verificar se houve diferença significativa nas médias das notas dos alunos que cursaram a mesma disciplina em turmas diferentes. A Tabela 5.1 apresenta os resultados dos testes SW, Levene e o t Student realizados, bem como o desempenho das turmas avaliadas.

Em todas as amostras analisadas foram observadas normalidades dos resíduos. Apenas para as turmas da disciplina B não foi encontrada homogeneidade de variâncias pelo teste de Levene, porém foram ajustados os graus de liberdade da amostra e, com isso, foi possível a utilização do teste t de Student para comparação das médias. Apesar das médias terem aumentado nas duas disciplinas observadas, apenas entre os alunos que

Tabela 5.1: Desempenho de turmas de graduação que fizeram uso do Módulo Social do *Classroom eXperience* nos semestres letivos.

Disciplina ¹	Turma	<i>n</i>	<i>MS</i>	$\bar{x} \pm s$	<i>W</i> (<i>P</i>)	<i>F</i> (<i>P</i>)
A	1	21	Ausente	78,85 ± 12,89 <i>a</i>	0,961(0,533)	0,284(0,597)
	2	35	Presente	80,19 ± 11,62 <i>a</i>	0,960(0,231)	
B	1	20	Ausente	62,25 ± 22,70 <i>b</i>	0,939(0,226)	5,827(0,021)
	2	19	Presente	74,80 ± 15,02 <i>a</i>	0,933(0,199)	

¹Médias de turmas seguidas por letras distintas em cada disciplina diferem-se entre si pelo teste *t* de Student para amostras independentes a 0,05 de significância; *n*: Tamanho da amostra; *MS*: *Módulo Social*; $\bar{x} \pm s$: Média e desvio padrão; *W*: Estatística do teste de Shapiro-Wilk; *F*: Estatística do teste de Levene; (*P*): Probabilidades maiores que 0,05 indicam resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas para os testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente.

cursaram a disciplina B houve real aumento no desempenho. Para essa disciplina, além do aumento nas médias, houve diminuição no desvio padrão, o que permite perceber que os alunos passaram a estudar para as avaliações a partir de fontes comuns de informação, o que gerou um maior nivelamento das notas obtidas.

Foram também analisadas as notas dos alunos que tiveram contato parcial com as funcionalidades sociais e colaborativas do CX. O teste *t* Pareado foi utilizado para comparação entre as notas dos alunos no mesmo semestre, pois as funcionalidades sociais e colaborativas foram introduzidas no ambiente virtual do CX entre a 13^a e 14^a semanas do semestre avaliado. Desse modo, os alunos tiveram contato com as funcionalidades para estudar para as últimas avaliações que ocorreram entre a 16^a e a 17^a semanas do semestre. Para a realização do teste, subtraiu-se o desempenho obtido no período em que não havia o módulo social das notas alcançados quando essas estavam disponíveis. O teste de SW foi aplicado a esses dados e as amostras apresentaram distribuição normal. Por fim, as amostras foram submetidas ao teste *t* Pareado. A Tabela 5.2 traz os resultados do teste *t* Pareado para as notas das turmas no mesmo semestre letivo.

A análise da Tabela 5.2 revelou que houve diferença apenas entre as notas dos alunos que cursaram a disciplina B. A observação dos *logs* de acesso do sistema evidenciou que nas primeiras semanas em que foram incluídas as novas funcionalidades no CX, houve um aumento considerável de acessos na plataforma, provavelmente devido ao entusiasmos pelo uso das mesmas. Esse aumento no acesso foi refletido no desempenho final das notas para a disciplina B, que apresentou tanto aumento nas médias quanto redução do desvio padrão das últimas avaliações. Com relação à disciplina A, mesmo apresentando igual aumento no acesso, não foi evidenciada diferenciação significativa entre as médias e o desvio padrão das notas.

Tabela 5.2: Desempenho de turmas de graduação que fizeram uso do Módulo Social do *Classroom eXperience* nos bimestres letivos.

Disciplina ¹	<i>n</i>	Bimestre	<i>MS</i>	$\bar{x} \pm s$	$\bar{d} \pm s_d$	$W(P)$
A	21	1º	Ausente	$39,42 \pm 6,44$ <i>a</i>	$0,38 \pm 8,27$	0,979(0,908)
		2º	Presente	$39,80 \pm 7,23$ <i>a</i>		
B	20	1º	Ausente	$30,92 \pm 11,60$ <i>b</i>	$7,70 \pm 13,46$	0,985(0,979)
		2º	Presente	$38,62 \pm 9,04$ <i>a</i>		

¹Médias de turmas seguidas por letras distintas em cada disciplina diferem-se entre si pelo teste *t* Pareado a 0,05 de significância; *n*: Tamanho da amostra; *MS*: *Módulo Social*; $\bar{x} \pm s$: Média e desvio padrão; $\bar{d} \pm s_d$: Diferença média e desvio padrão da diferença; *W*: Estatística do teste de Shapiro-Wilk; (*P*): Probabilidades maiores que 0,05 indicam resíduos com distribuição normal e variâncias homogêneas para os testes de Shapiro-Wilk.

A análise das amostras tanto para uso integral quanto para uso parcial das funcionalidades sociais e colaborativas no CX, revelou que os alunos que cursaram a disciplina B demonstraram aumento em seus desempenhos. O aumento nas médias e a redução do desvio padrão foram comportamentos observados tanto nas turmas do primeiro semestre, quando foi comparado o desempenho bimestral dos alunos, quanto no segundo semestre, no qual a análise foi embasada no desempenho final obtidos por eles.

5.4 Discussões

A análise dos *logs* de acesso ao CX mostrou que, nas duas turmas assistidas, a frequência de acesso dos alunos à plataforma foi bastante variada, havendo picos de utilização em épocas próximas às avaliações, e declínio da quantidade de acessos logo após esses períodos. Além disso, foi observado que as aulas correspondentes ao conteúdo cobrado nas avaliações, foram as mais acessadas durante os picos. A partir desse comportamento, observa-se que os alunos optam por fazer uso da plataforma para revisar o conteúdo ministrado nas aulas e se prepararem para as provas, uma conduta comum, principalmente entre estudantes de graduação (Brant-Ribeiro, 2014).

Foi também evidenciado que os alunos realizaram acessos a várias aulas ao fazer uso do CX. Esse aspecto mostra que a plataforma disponibilizou conteúdo diversificado de interesse dos usuários, e esse fator incentivou-os a utilizarem a plataforma para estudos em geral. Nesse sentido, foi possível observar que a inclusão das funcionalidades sociais e colaborativas trouxe ganhos com relação a esse incentivo. Ao observar a evolução dos acessos após a inclusão do módulo social (por volta da 14ª semana do 1º semestre)

foi observado aumento significativo tanto nos acessos ao sistema, quanto nos acessos a diferentes aulas.

As funções disponibilizadas pelo módulo social despertaram a curiosidade dos usuários do CX para o uso da plataforma. Esse novo incentivo teve como repercussão um número maior de aulas visitadas nas últimas semanas do 1º semestre e, por conseguinte, uma melhora nas notas das avaliações finais para os alunos que cursaram a disciplina B, na qual foram registrados, nesse período, 4 comentários e 127 classificações de *slide* das aulas. Isso demonstra que os usuários realmente fizeram uso e tiveram o apoio das funcionalidades disponibilizadas pelo módulo social.

Para as turmas do segundo semestre observado, que tiveram contato com a versão final do módulo social do CX, o interesse pelo acesso à plataforma foi mantido. A inclusão de comentários e a possibilidade de classificar os *slides* das aulas foram incrementos positivos para a atratividade da plataforma frente a seus usuários. Foi observado que durante todo o 2º semestre, os índices de acessos à plataforma se mostraram superiores ao mesmo período no semestre anterior. A relação entre os acessos ao sistema e os acessos às aulas foi aumentada, o que significa que mais aulas foram visitadas a cada acesso à plataforma. Esse fato foi legitimado também por meio da análise dos questionários aplicados aos usuários, já que, em sua maioria, os alunos confirmaram que fizeram acesso a várias aulas, e que o CX possui elementos atrativos à percepção dos mesmos.

Os ganhos com a inclusão do módulo social não ficaram unicamente restritos à atratividade da plataforma. Vantagens funcionais foram também observadas pelos usuários. A inclusão das funcionalidades colaborativas representou um incentivo à utilização da plataforma, por permitir a interação de usuários com o conteúdo disponibilizado. Durante o período assistido, foram criados 47 comentários e 419 registros de *ranking*, sendo 356 *ranking* de *slides* e 63 *ranking* de comentários. Esses números revelam que os usuários se adaptaram rapidamente, usufruíram desses recursos colaborativos e observaram os avanços que tais recursos podem propiciar a curto, médio e longo prazo, como a formação de ricos arcabouços de conteúdo acadêmico por meio da contribuição coletiva e uma abordagem educacional consistente com o apoio da tecnologia. Tais quesitos foram observados tanto na análise das afirmativas do questionário avaliativo aplicado ao alunos, quanto nos comentários que esses deixaram no espaço reservado a críticas e sugestões, nos quais foram exaltadas as características funcionais do CX e também sua metodologia de auxílio a alunos e professores, que explora o paradigma da Computação Ubíqua e da C&A aplicado a AEU's.

No entanto, a análise do desempenho das turmas observadas trouxe novos entendimentos ao suporte oferecido pelo CX. Dentre as turmas analisadas, somente no desempenho dos alunos que cursaram a disciplina B foram encontradas diferenças significativas. Em detrimento a disciplina A, a disciplina B era uma disciplina matemática, na qual os recursos da infraestrutura do CX foram exaustivamente utilizados, por exemplo, com a

construção e resolução de exercícios utilizando a lousa eletrônica em sala de aula, posterior disponibilização desse material na plataforma e disponibilização de *links* de apoio aos alunos na forma de comentários. Já a disciplina A lidava com aspectos voltados para quesitos práticos, nos quais a maioria das resoluções dos problemas demandavam empenho prático superior ao conceitual.

Esse comportamento sugere que as características das disciplinas exercem influência no quão receptivo será o apoio oferecido aos usuários pelo CX. Disciplinas que lidaram com assuntos conceituais, em que os alunos foram incentivados a utilizar a plataforma como principal fonte de obtenção de conhecimento, como para visualizar a resolução de exercícios, mostraram resultados mais promissores para o rendimento dos alunos. Os questionários mostraram que as funcionalidades sociais e colaborativas trouxeram informações relevantes e adicionais às debatidas em sala de aula, que representam recursos importantes para a assimilação e fixação do conteúdo. No entanto, os dados de acesso ao sistema e às aulas mostraram que os alunos da disciplina B apresentaram um número médio de acessos superior aos alunos da disciplina A no decorrer dos semestres, esse fator pode ter repercutido no desempenho final dos alunos.

A partir da análise das respostas dos questionários aplicados aos usuários e a observação das informações de acesso ao CX e às aulas, foi possível verificar que a PU, PFU e PA dos usuário do CX com relação ao sistema foram positivas e consistentes. Quesitos como usabilidade, atratividade e aproveitamento foram evidenciados pelos alunos que fizeram uso da plataforma. Assim, foi possível constatar que o CX foi visto como uma ferramenta útil ao contexto educacional, que apresenta funcionalidades atraentes aos usuários e uma interface fácil e intuitiva. Dessa forma, a **Hipótese 1**, a **Hipótese 2** e a **Hipótese 3** propostas para validação das dimensões PU, PFU e PA, respectivamente, foram suportadas no contexto da plataforma CX.

A análise das notas dos alunos propiciou observar que houve significativa melhora no desempenho com a inclusão das funcionalidades colaborativas entre os alunos que cursaram a disciplina B. Nesse sentido, a **Hipótese 4** do modelo foi suportada com ressalvas, uma vez que a melhora esperada para este quesito foi parcialmente constatada no contexto de aplicação desta pesquisa. No entanto, foi positiva a análise sobre a influência que as características das disciplinas podem exercer frente ao apoio da tecnologia no contexto educacional. Esse fator evidencia que conjecturas relativas ao desempenho dos alunos devem contemplar quesitos que vão além apenas do emprego da tecnologia.

Dessa forma, a validação das diretrizes deste trabalho utilizando o modelo TAM se mostrou eficiente para a análise do impacto e da aceitação das funcionalidades sociais e colaborativas no CX. As adaptações realizadas no modelo para adequação ao contexto deste trabalho foram positivas e geraram resultados satisfatórios. Com isso, a validação desta proposta foi realizada com sucesso e os critérios criados para a adaptação do modelo TAM foram consolidados.

5.5 Considerações Finais

Esta pesquisa buscou explorar mecanismos sociais e colaborativos para construção do conhecimento aplicados em AEUs, tanto no que se refere à incorporação de ferramentas para este fim, quanto nos impactos gerados pela inclusão das mesmas no contexto educacional. O modelo TAM de aceitação de tecnologia foi adaptado e aplicado ao contexto dos usuários da plataforma CX, com o intuito de identificar a percepção dos usuários quanto à plataforma e às funcionalidades sociais e colaborativas integradas na mesma.

Os critérios criados para a validação desta proposta foram centrados nos dados de utilização da plataforma, na análise do desempenho dos usuários e nas informações obtidas por meio de questionários avaliativos, que visaram mensurar a percepção dos usuários quanto a quesitos de utilidade, usabilidade e atratividade do sistema. Por meio da análise dos dados foi constatado que as funções disponibilizadas pelas funcionalidades sociais do CX incentivaram o uso da plataforma e fomentaram a aprendizagem colaborativa entre os usuários, representando um importante recurso para obtenção de informação extra às discutidas em sala de aula.

A adaptação do modelo TAM de aceitação de tecnologia se mostrou eficiente para a validação desta proposta. Os critérios utilizados na avaliação foram consistentes e se mostraram efetivos para as validações almejadas. Os resultados obtidos foram satisfatórios e demonstraram que as funcionalidades disponibilizadas pelo módulo social no CX foram bem aceitas e trouxeram incrementos funcionais relevantes para a plataforma.

Assim, conclui-se que a proposta de inclusão de ferramentas de cunho social e colaborativo na plataforma educacional ubíqua CX foi suportada. Os mecanismos disponibilizados agregaram valor à plataforma e geraram bons frutos a partir de sua utilização. A disponibilização de um ambiente que suporte o debate e recursos de interação com o conteúdo apresentado nos AEUs realmente foi observado de grande relevância para a construção de boas ferramentas de apoio ao ensino e à aprendizagem.

Trabalhos Relacionados

São encontrados na literatura diversos trabalhos relacionados à exploração do paradigma da Computação Ubíqua em ambientes educacionais (Banday, 2012; Chiou e Tseng, 2012; Möller *et al.*, 2013; Wan, 2010; Yin *et al.*, 2009). A incorporação de tecnologias interativas e de comunicação no âmbito educacional abre portas para uma nova era no ensino e aprendizagem, derrubando barreiras que dificultavam a obtenção integral do conhecimento (Banday, 2012; Foll *et al.*, 2006; Wan, 2010). Essas tecnologias possibilitam suporte inesgotável de recursos eletrônicos a qualquer hora e em qualquer lugar. Recursos esses que podem ser explorados de diversas maneiras: pesquisas típicas da área versam sobre a exploração de recursos de recomendação (Sabitha e Mehrotra, 2012), personalização (Chiou e Tseng, 2012; Lopes *et al.*, 2013; Möller *et al.*, 2013) e adaptação (Araujo *et al.*, 2013) de conteúdo educacional dentro de AEU's. Neste capítulo são apresentados os principais trabalhos relacionados, apontando suas principais diferenças em relação à proposta ora apresentada.

Tida como uma expressiva abordagem no contexto educacional, a aprendizagem colaborativa é uma metodologia focada no processo da obtenção do conhecimento por meio das interações sociais (Yin *et al.*, 2009). A partir do compartilhamento de informações e experiências, os alunos tendem a melhorar seus desempenhos individuais e contribuir para o aprimoramento de toda comunidade (Mukherjee *et al.*, 2014). Em ambientes educativos virtuais não é diferente. Chiu *et al.* (2009) mostram que ferramentas de propósito social, como fóruns, Wikis ou blogs, são ideais para promover o construtivismo coletivo e o gerenciamento de informações em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem.

Um objetivo comum entre as abordagens educacionais em geral é fomentar nos alunos habilidades comunicativas, reflexão/análise crítica e trabalho em equipe (Mukherjee *et al.*,

2014; Requena-Carrion *et al.*, 2010). O incentivo à resolução de problemas em grupo é uma possível proposta para alcançar esses objetivos. Requena-Carrion *et al.* (2010) versa sobre essa temática ao propor um ambiente virtual que visa desenvolver habilidades de comunicação e análise crítica baseada na construção e compartilhamento colaborativos de projetos. A proposta é embasada em dois processos: o desenvolvimento dos projetos em grupo e a apresentação oral dos mesmos para os demais grupos. Tanto para o desenvolvimento quanto para a apresentação dos projetos, a plataforma disponibiliza uma ferramenta de edição online (*wiki*) que permite criar, comentar e compartilhar documentos. Dessa forma, a ferramenta suporta a construção colaborativa do conteúdo educacional e a análise crítica, ao permitir que os alunos produzam comentários à respeito dos projetos dos colegas. Porém, o sistema não disponibiliza mecanismos de categorização do conteúdo ou métricas de hierarquização e classificação dos comentários criados, quesitos presentes no escopo desta proposta.

Yin *et al.* (2009) apresentam o SONKULE, uma plataforma educacional ubíqua que permite interações entre os usuários do sistema para resolução de problemas. O sistema conta com serviços de recomendação de usuários potencialmente aptos à resolução de problemas específicos, considerando como parâmetros informações de perfil, interesse, ações passadas no sistema e rede de amigos. Porém, diferentemente da proposta deste trabalho, o SONKULE explora o contexto colaborativo de aprendizagem apenas de forma individual (*peer-to-peer*) e não disponibiliza mecanismos para discussão comunitária e social.

A Web 2.0 transforma a ubiquidade da Web com a popularização das redes sociais. As redes sociais fornecem serviços de colaboração e compartilhamento de conteúdo digital, permitindo fácil comunicação e interatividade entre seus integrantes e incentivando a busca por interesses comuns. No entanto, foi verificado que a maioria dos usuários não faz uso de recursos colaborativos e de compartilhamento, dando preferência a serviços de busca e comunicação (El Helou *et al.*, 2009). Há, com isso, grande possibilidade de estudos para tornar tais atividades mais atrativas no âmbito acadêmico. O jogo SecondLife¹, que explora o ambiente 3D da Web 2.0, foi utilizado para criar salas de aula virtuais, onde os alunos poderiam encontrar seus instrutores e colegas e assistir as aulas, sem sair de casa, o que se mostrou como uma boa arquitetura para o aprendizado colaborativo virtual (Jin e Wen, 2009).

A atual popularidade e os recursos interativos de comunicação e autoria multimídia presentes nas redes sociais virtuais são fatores que mostram o potencial que esse segmento possui para a construção de conteúdo digital e, que pode ser amplamente aproveitado no contexto educacional. Claros e Cobos (2013) apresentam o *Social Media Learning* (SM-Learning), uma plataforma educacional colaborativa com suporte à construção interativa de conteúdo multimídia. O SMLearning foi desenvolvido com base em uma metodologia

¹<http://secondlife.com>

voltada a suportar serviços de comunicação, mecanismos de avaliação, gerenciamento de conteúdo educacional e autoria multimídia. A plataforma utiliza de serviços e informações do Facebook e do Youtube, por meio de APIs (*Application Programming Interface*) dessas plataformas instaladas em seu código fonte. A API do Facebook fornece informações de grupos que compõem os recursos sociais do SMLearning, enquanto que a API do Youtube disponibiliza serviços de apresentação interativa de vídeos. Toda via, o SMLearning não disponibiliza mecanismos de hierarquização dos objetos de aprendizagem (OAs) construídos e a apresentação do conteúdo não é realizada de forma personalizada, como ocorre no CX.

Stylianakis *et al.* (2013) apresentam o CoLearn, um ambiente Web que suporta a gestão de conteúdos e processos educacionais. O CoLearn é capaz de gerenciar dois processos distintos: a modelagem dos processos educacionais e a gestão dos processos na prática. A modelagem dos fluxos educacionais foram relacionadas às regras de negócio do modelo *Business Process Management Notation* (BPMN) (Kalogeraki *et al.*, 2014). Assim, a ferramenta de modelagem dos processos educacionais disponibiliza os elementos gráficos presentes na BPMN para a construção dos fluxos de aprendizagem para a realização de tarefas e atividades. Para a execução das tarefas e gestão dos fluxos educacionais, a plataforma conta com dois componentes de software: o *Copper Core*, que é uma plataforma Web responsável por mapear os fluxos de tarefas e atividades e apresentá-las aos usuários e o *Real Time Message Middleware*, responsável por gerenciar as interações individuais e sociais dos usuários, como comunicação/colaboração síncrona ou assíncrona, ou a inclusão de conteúdo multimídia. A plataforma, no entanto, não possibilita a classificação do conteúdo disponibilizado aos usuários, métricas essas presentes no escopo deste projeto.

Mukherjee *et al.* (2014) explora o conceito de *Mobile Learning* (M-Learning) ao propor a utilização de uma infraestrutura *Mobile Ad hoc Network* (MANET) para a construção de um ambiente educacional colaborativo. O MANET é uma estrutura que suporta a conexão entre aparelhos móveis na qual os *peers* podem se comunicar diretamente com outros *peers* da rede. Nessa abordagem, o MANET colaborativo conta com três serviços principais: o serviço colaborativo, que permite que os usuários troquem entre si mensagens individuais ou de grupo, e criem e associem-se a grupos; o serviço de localização, que permite aos usuários encontrar outros usuários na rede; e o serviço de notificação, que permite que os usuários recebam notificações sobre notas de aula, atribuições, orientações de soluções e informações gerais sobre os cursos em que estão matriculados no MANET. Entretanto, mesmo favorecendo a interação social e incentivando o debate, abordagens que consideram unicamente dispositivos móveis possuem certas limitações técnicas, como por exemplo, a visualização do conteúdo disponibilizado pode ser prejudicada, devido ao tamanho reduzido dos visores dos aparelhos. A presente proposta diferencia-se também quanto à obtenção e disponibilização de dados, uma vez que explora a Web 2.0, em detrimento a proposta de Mukherjee *et al.* (2014), na qual as informações trafegam em

redes *ad hoc*.

Uma estratégia comum aos estudantes durante o processo de aprendizagem é a criação de anotações a respeito dos temas abordados. Acredita-se que as anotações auxiliem os estudantes na compreensão e fixação do conteúdo apresentado. No contexto das plataformas digitais de aprendizagem, as anotações têm também o potencial de complemento e extensão dos artefatos. Chen *et al.* (2012) apresentam o MyNote, um sistema que incentiva a construção colaborativa do conhecimento ao permitir a criação, compartilhamento e discussão de anotações em artefatos multimídia em ambientes Web 2.0. A aplicação permite que as anotações sejam comentadas e classificadas com intuito de fomentar o debate e a troca de informações. Conta com uma paleta de opções gráficas, que permite que os usuários criem anotações em qualquer área das páginas Web. O sistema pode ser embarcado em diferentes plataformas computacionais de modo não intrusivo às atividades dos usuários. A arquitetura do MyNote, apresentada na Figura 6.1, se assemelha a empregada neste trabalho, uma vez que conta com componentes embarcados na plataforma hospedeira para requisitar, com o auxílio de tecnologia Ajax, serviços Web que executam suas tarefas. No entanto, a abordagem do MyNote se diferencia desta proposta na forma de armazenamento das informações, já que o MyNote realiza uma cópia do código HTML da página com as anotações e armazena, junta a essas informações, a URL da página e a hora que foi realizada o cadastro das anotações, enquanto que no CX, as anotações são relacionadas ao artefato multimídia em si, independentemente da forma de exibição dos mesmos. Além disso, o escopo de classificação das anotações no MyNote é reduzido, permitindo aos usuários classificarem as anotações apenas em “pergunta” ou “resposta”, enquanto que o modelo proposto permite diferentes formas de inferência de classificação.

Anotações digitais baseadas em texto não é o único tipo explorado na literatura. Há pesquisas que abordam a criação e extensão de conteúdo educacional digital disponibilizado em outras mídias. Fan *et al.* (2010) desenvolveram uma plataforma Web, com estrutura Cliente-Servidor, que disponibiliza ferramentas de criação de anotações em imagens. O sistema permite aos usuários criarem anotações de texto, ou multimídia, em áreas específicas das imagens, o que facilita a discussão e análise de figuras e gráficos. As anotações são apresentadas utilizando o conceito de hierarquia em árvores, facilitando a criação e discussão de tópicos relacionados à temática proposta. A contribuição apresentada pelo modelo proposto neste trabalho é embasado no fato deste ser genérico, suportando qualquer tipo de mídia ou nível de hierarquia. No caso do CX, por exemplo, as anotações podem ser em função da aula, do slide ou até mesmo de outras anotações.

Azouaou *et al.* (2013) apresentam o WebAnnot, uma ferramenta Web para criação, categorização e compartilhamento de anotações. Na abordagem, o modelo de anotações é baseado em ontologias e, dessa forma, possuem propriedades padronizadas como atributos. A plataforma permite a criação de anotações manuais, anotações semiautomáticas padronizadas, e busca e recomendação de anotações baseadas em ontologias. No caso

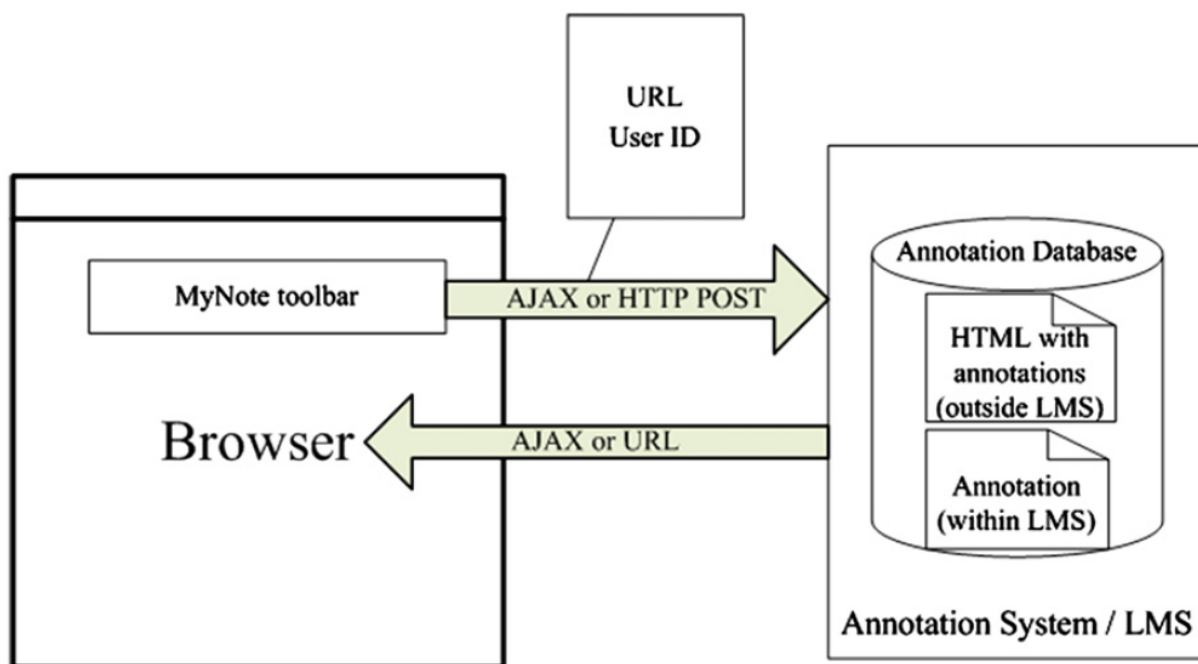


Figura 6.1: Arquitetura do MyNote (Chen *et al.*, 2012).

das anotações manuais, o sistema permite aos usuário inferir categorização preenchendo as propriedades (autor, domínio, nível, tipo, dentre outros) predefinidas das anotações. O usuário pode também optar pela criação das anotações semiautomáticas, nas quais as propriedades são preenchidas automaticamente à partir do contexto de utilização da ferramenta. O WebAnnot disponibiliza ainda mecanismos para os usuário gerenciarem (criar, alterar ou excluir) os seus próprios padrões de anotação. A plataforma, no entanto, não oferece suporte a quesitos de classificação dos artefatos multimídia anotados, nem explora a hierarquização entre as anotações.

Um sistema colaborativo de Computação Ubíqua que auxilia no aprendizado de componentes digitais em um curso de Introdução à Ciência da Computação é apresentado por Tseng *et al.* (2010). No trabalho, é adotado um método de ensino no qual os alunos podem ver e tocar os componentes dos computadores. Para auxiliá-los nas atividades, foi desenvolvida uma plataforma colaborativa que permite que os usuários obtenham informações técnicas sobre os componentes estudados simplesmente posicionando o foco da câmera de seus aparelhos móveis no código QR (*Quick Response*) dos primeiros. O sistema disponibiliza ainda, suporte advindo de outros usuários que estão estudando os mesmos componentes, por meio de um *chat* online. No entanto, não são adotadas, nessa abordagem, mecanismos que possibilitem a classificação do conteúdo disponibilizado aos alunos.

A classificação dos artefatos de mídia é também uma estratégia bastante utilizada para prover extensão de conteúdo em ambientes educacionais virtuais. Na literatura são encontrados trabalhos nos quais a classificação das informações educacionais é realizada automaticamente, por componentes de software capazes de reconhecer particularidades

do conteúdo ou reagir a eventos específicos da plataforma e assim realizar a classificação (Morgado *et al.*, 2012; Yin *et al.*, 2009). Outra abordagem para alcançar este objetivo é a criação de mecanismos que possibilitem que a classificação do conteúdo seja realizada pelos próprios usuários dos sistemas (Risko *et al.*, 2013; Song *et al.*, 2013). Essa abordagem possibilita o enriquecimento das mídias educacionais de modo social e colaborativo (Tseng *et al.*, 2010).

Huang *et al.* (2012) propõem um sistema de anotações colaborativas que visa aumentar a compreensão individual dos estudantes na leitura de textos em inglês. A plataforma permite a classificação (significado, antônimo, gramática, expressão ou links relacionados) dos comentários criados para referenciar fragmentos do texto, sublinhar partes do texto, pesquisar e votar comentários e anotações criadas por outros usuários. O modelo proposto neste trabalho se diferencia desse último pelo suporte à classificação por *ranking* em múltiplas mídias, não limitando seu escopo a conteúdo meramente textual.

Morgado *et al.* (2012) apresentam uma metodologia para a categorização e classificação de OAs considerando as competências e habilidades dos alunos. A categorização dos OAs é realizada pela granulosidade dos mesmos e podem ser de nível 1 (unidade atômica de aprendizagem, como textos, imagens ou vídeos), nível 2 (instruções práticas de conteúdo específico, como exercícios ou procedimentos), nível 3 (módulo de aprendizado que consiste em coleções de lições - OAs de nível 2) e nível 4 (um curso completo, composto por uma coleção de módulos, ou OAs de nível 3). Já a classificação é embasada no tipo de conteúdo a ser ministrado e faz referência a níveis de conhecimento e habilidades específicas que os usuários devem possuir para que ocorra o entendimento dos OAs. Dessa maneira, é possível apresentar, a usuários que possuam habilidades diferentes, OAs mais adaptados às suas características. No entanto, a inferência da categorização é realizada pelo professor, fazendo com que o fator colaborativo e social da classificação não seja explorado, ao contrário da proposta do presente trabalho.

Lin e Hwang (2012) apresentam um sistema de categorização de informação educacional que classifica recursos enviados por alunos em formato padronizado *Learning Object Metadata* (LOM). O sistema utiliza abordagens de mineração de texto à partir de árvores de ontologia e classificação por meio de algoritmos que verificam a similaridade entre documentos. A partir desses processos, a plataforma é capaz de sugerir um padrão LOM para o recurso digital referenciado. Porém, essa abordagem é voltada a recursos em formato de texto, não evidenciando eficiência na classificação de artefatos multimídia. Além disso, a classificação do conteúdo na proposta de Lin e Hwang (2012) é realizada automaticamente, enquanto que a proposta ora apresentada explora a classificação colaborativa do conteúdo realizada pelos usuários.

Foll *et al.* (2006) desenvolvem um *framework* conceitual para a construção de aplicações de classificação e gerenciamento de conteúdo multimídia à partir de atividades sociais e colaborativas. O *framework* especifica quesitos como riqueza e gerenciamento

de conteúdo, distribuição, acurácia e adaptabilidade, disponibilidade, colaboração, personalização e recomendação com base em contexto e atividades sociais. A aplicação do framework é realizada por meio da implementação do *Online Community Life* (OCL), um blog Web que possibilita a distribuição do conteúdo multimídia em comunidades gerenciadas por plataforma ubíquas. O OCL permite que os usuários criem, compartilhem e classifiquem conteúdo multimídia, gerenciem informações sociais e se comuniquem com outros usuários. O blog provê ainda integração com diferentes plataformas ao disponibilizar serviços Web de busca das informações dos usuários. Porém, essa abordagem não contempla mecanismos que possibilitem aos usuários a criação e o gerenciamento de suas informações sociais e colaborativas de dentro das plataformas ubíquas que fazem integração com o OCL. A não disponibilidade desse tipo de integração pode gerar esforço extra da parte dos usuários e, assim, prejudicar a satisfação de uso da plataforma.

Com a intuito de sintetizar e melhor ilustrar as informações apresentadas nesta seção, a Tabela 6.1 apresenta os trabalhos que se relacionam diretamente com as abordagens proposta neste projeto. Para fins de comparação, foi realizada uma análise baseada nos principais quesitos suportados pelo modelo de extensão e classificação colaborativa proposto. Assim, foram evidenciados os seguintes critérios para avaliação: (a) suporte à extensão de artefatos multimídia; (b) suporte à classificação de artefatos multimídia; (c) suporte à colaboração (compartilhamento, debate e discussão) entre usuários; (d) suporte à hierarquização de artefatos multimídia; (e) suporte à personalização à partir de atividades individuais ou colaborativas. Para cada um dos critérios, três níveis de conformidade foram determinados: um círculo não preenchido (○) para trabalhos que não contemplem o critério avaliado; um círculo preenchido pela metade (◐) para trabalhos que contemplem parcialmente, e um círculo totalmente preenchido (●) para os trabalhos que compreendem o critério estabelecido.

Algumas abordagens têm seu foco voltado à extensão de conteúdo multimídia, enquanto que outras se aprofundam na classificação desses artefatos. A autoria colaborativa também é levada em conta na maioria dos trabalhos encontrados como forma de incentivar o construtivismo coletivo e melhorar os resultados perante a satisfação dos usuários.

Porém, é notório que a abordagem proposta neste trabalho se diferencia de todas por apresentar um modelo genérico para as anotações, seus tipos e relacionamentos, além de considerar requisitos de extensão e classificação (*ranking*) de conteúdo, com suporte à hierarquização em diferentes níveis, e, ao mesmo tempo, aborda atividades sociais e colaborativas como forma de prover o enriquecimento de artefatos multimídia. Além disso, este trabalho apresenta suporte a integração entre diferentes tipos de aplicações, o que representou um fator limitante nos trabalhos encontrados.

Tabela 6.1: Quadro comparativo dos trabalhos relacionados

Trabalhos/Critérios	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
Requena-Carrion <i>et al.</i> (2010)	●	○	●	○	○
Yin <i>et al.</i> (2009)	○	○	●	○	●
Claros e Cobos (2013)	●	○	●	○	○
Stylianakis <i>et al.</i> (2013)	●	○	●	○	◐
Mukherjee <i>et al.</i> (2014)	○	◐	●	○	○
Chen <i>et al.</i> (2012)	○	◐	●	◐	○
Fan <i>et al.</i> (2010)	●	◐	●	◐	○
Azouaou <i>et al.</i> (2013)	●	◐	●	○	◐
Tseng <i>et al.</i> (2010)	◐	○	●	○	○
Huang <i>et al.</i> (2012)	◐	◐	◐	◐	○
Morgado <i>et al.</i> (2012)	○	●	○	●	●
Lin e Hwang (2012)	○	●	○	○	○
Foll <i>et al.</i> (2006)	◐	●	●	◐	●
Este trabalho	●	●	●	●	●

Conclusões

Atualmente a tecnologia está presente em todos os lugares. A utilização de dispositivos tecnológicos para a realização de tarefas e obtenção de informação que auxiliem as pessoas na sua vida cotidiana é comum e natural. A era da Computação Ubíqua se revela.

O emprego da tecnologia na área acadêmica pode apoiar a instrutores e alunos por permitir a automatização de diferentes tarefas pedagógicas, dando origem aos AEUs. A abordagem dos AEUs tem seu foco no apoio aos usuários envolvidos em seus processos de ensino e aprendizagem por disponibilizar recursos computacionais que propiciem uma rica experiência educacional. Dispositivos ubíquos como projetores multimídia, lousas eletrônicas, câmeras de vídeo, *tablets*, microfones, dentre outros, são comumente encontrados em AEUs.

Neste contexto, atividades colaborativas e interações sociais configuram importantes incrementos funcionais para os AEUs, uma vez que incentivam o compartilhamento de informações, a troca de experiências, o debate e a discussão. Por meio desses recursos, os temas discutidos podem ser estendidos, refinados e enriquecidos, tanto em sala de aula, quanto em ambientes virtuais, com a construção de ricos artefatos de mídia digital. Tais fatores tendem a apoiar e facilitar o processo de aprendizagem dos alunos.

Dessa forma, a abordagem discutida neste trabalho buscou explorar funcionalidades sociais e colaborativas dentro de AEUs reais. Para tanto, foi desenvolvido um modelo de arquitetura de software que suporta atividades colaborativas de extensão e enriquecimento de conteúdo digital por meio de anotações e classificação (*ranking*) de conteúdo. A arquitetura é capaz de fornecer ainda, subsídios para requisitos de sistemas de recomendação e personalização da informação.

Baseado no modelo proposto, foi implementado um sistema colaborativo, com *fron-*

tend Web, para a criação de anotações e para classificação de conteúdo digital multimídia construído com base nos recursos da Web 2.0. O sistema permite que os usuários criem comentários de texto a respeito do conteúdo digital referenciado e associem um grau de relevância aos mesmos, utilizando a abordagem de *ranking* por estrelas. Os comentários criados também são passíveis de classificação, com o intuito de dimensionar sua aceitação frente à comunidade de usuários, representando mais uma maneira de extensão dos artefatos multimídia capturados. Dessa forma, a aplicação possibilita o enriquecimento contínuo do conteúdo e das informações de seus sistemas hospedeiros, a partir de atividades colaborativas realizadas pelos usuários.

Como estudo de caso, o sistema colaborativo proposto foi acoplado e integrado ao *frontend* do Classroom eXperience (CX) como módulo complementar. O CX é uma plataforma de captura multimídia desenvolvida para registrar, armazenar e disponibilizar o conteúdo das aulas ministradas em um ambiente instrumentado com dispositivos computacionais ubíquos, gerando automaticamente documentos hipermídia que podem ser acessados futuramente pelos usuários. A plataforma possui uma interface Web para acesso ao conteúdo capturado e possibilita que os usuários visualizem essas informações na Web, no formato HTML, ou em televisores digitais interativos, no formato NCL.

A validação desta proposta foi realizada com a aplicação do modelo TAM de aceitação de tecnologia, adaptada ao contexto de pesquisa. O experimento consistiu na aplicação de questionários avaliativos para obtenção das impressões dos usuários, análises dos *logs* de acesso à plataforma e estudo das notas dos alunos envolvidas na observação. Os resultados revelaram que as funcionalidades disponibilizadas pelo módulo colaborativo foram bem aceitas e trouxeram benefícios aos usuários por incentivarem o uso da plataforma CX, como por exemplo, a melhora nos índices de acesso ao sistema e nos rendimentos finais dos alunos envolvidos.

Discussões acerca da relação entre as características dos assuntos abordados na educação e os benefícios trazidos pelo apoio da tecnologia nesse contexto foram levantadas. Foi observado que o incentivo ao uso de ferramentas tecnológicas que disponibilizam recursos de comunicação e interação com o conteúdo educativo digital sugere resultados promissores no auxílio a educadores e alunos.

Assim, a exploração das premissas da Computação Ubíqua e da C&A no campo acadêmico representa uma potencial evolução nos processos de ensino e aprendizagem, uma vez que visa auxiliar, de forma não intrusiva, os envolvidos por meio da tecnologia. Tais abordagens vão de encontro à construção de ambientes nos quais o mundo real e o virtual se misturam para fornecer suporte aos processos de uso da informação.

7.1 Resultados e Contribuições

Este trabalho propiciou as seguintes contribuições técnicas e científicas:

- Elaboração de um modelo genérico de extensão e classificação de artefatos multimídia, embasado em atividades sociais e colaborativas;
- Projeto e implementação de uma arquitetura de software com suporte às premissas do modelo de extensão e classificação, dando origem a um sistema colaborativo e social para criação de comentários e classificação de conteúdo por *ranking* com base em recursos da Web 2.0;
- Incorporação e integração do sistema colaborativo à plataforma CX como módulo adicional de fraco acoplamento e disponibilização de suas funcionalidades na plataforma;

7.2 Publicações

Os resultados obtidos até o fechamento deste trabalho propiciaram as seguintes publicações:

I. Publicadas

- Mendonça, I., Araujo, R., Brant-Ribeiro, T., Mendes, M., Dorca, F. A., e Cattelan, R. (2014). Explorando Funcionalidades Sociais e Colaborativas em Ambientes Educacionais Ubíquos. In *25º Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE), 2014 III Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, páginas 476-485. (Congresso nacional - Qualis B2).

II. Aceitas

- BRANT-RIBEIRO, T., ARAUJO, R. D., MENDONCA, I. E., SOARES, M., e CATTELAN, R. G. (2015). A User-Centered Approach for Modeling Web Interactions Using Colored Petri Nets. In *Proceedings of the 17th International Conference on Enterprise Information Systems*, 12p. (to appear). (Congresso internacional - Qualis B1).

7.3 Limitações e Trabalhos Futuros

Um fator limitante encontrado no decorrer do desenvolvimento desta pesquisa está relacionado à validação do modelo, uma vez que foram analisadas apenas duas disciplinas em quatro turmas, no período de um ano letivo. Mesmo sendo possível a realização de várias análises e verificações com relação à aceitabilidade das funcionalidades sociais e colaborativas no CX, estudos adicionais que busquem avaliar se abordagens colaborativas no contexto dos AEU's trazem reais ganhos ao desenvolvimento e desempenho dos alunos

ainda são necessários. E para alcançar este fim, várias outras disciplinas e turmas devem ser consideradas.

Outra limitação observada está centrada na quantidade de funcionalidades de cunho social e colaborativo que foram disponibilizadas aos usuários. A criação de comentários e classificação (*ranking*) de *slides* promovem um ambiente propício para debates e discussões. No entanto, ferramentas de comunicação rápida e direta, como *chats*, são também de grande relevância no contexto educacional virtual, pois permitem uma rápida interação e aumentam a percepção social entre seus usuários.

A aprendizagem colaborativa se mostrou uma promissora abordagem a ser aplicada nos AEU's. Novas formas de promover a interação e colaboração entre os envolvidos se fazem de grande valia para a evolução dessa áreas. A inclusão, por exemplo, de ferramentas que estimulem a aprendizagem por meio de jogos pode ser uma boa proposta para incentivar a colaboração dentro dos AEU's.

A exploração das características individuais dos alunos como forma de compor as metainformações produzidas por modelos sociais podem representar interessantes trabalhos futuros relacionado a esta abordagem. Além de informações de comentários e *ranking*, ferramentas que considerem os estilos de aprendizagem dos usuários podem fornecer artefatos multimídia cada vez mais personalizados e adaptados à realidade dos usuários.

Dessa forma, diversas são as possíveis abordagens que podem ser aplicadas ao contexto dos AEU's de modo a produzir evoluções nesta área de pesquisa. No entanto, na medida que crescem tais possibilidades, evoluem também os desafios e a complexidade na adoção dessas abordagens. Com isso, investigações com a finalidade de mensurar os reais ganhos e evoluções das aplicações se fazem necessárias. A partir da observação contínua desses fatos, seria possível promover a maturidade da área, tanto nas aplicações, quanto nos usuários, e, dessa forma, predizer as perspectivas futuras para a Computação Ubíqua aplicada aos AEU's.

Referências

- Abowd, G. D. (1999). Classroom 2000: An Experiment with the Instrumentation of a Living Educational Environment. *IBM Syst. J.*, 38(4):508–530.
- Abowd, G. D. e Mynatt, E. D. (2000). Charting Past, Present, and Future Research in Ubiquitous Computing. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, 7(1):29–58.
- Ahn, Y.-A. (2009). Context Awareness Inference Engine for Location Based Applications. In *Proceedings of the 2009 International Conference on Hybrid Information Technology*, ICHIT '09, páginas 213–216, Daejeon, Korea, New York, NY, USA. ACM.
- Ajilore, O. e Mphahlele, M. (2013). Web 2.0 technologies for teaching and learning mathematics subject in high school. A case study. In *e-Learning and e-Technologies in Education (ICEEE), 2013 Second International Conference on*, páginas 48–53.
- Ajzen, I. (1985). From Intentions to Actions: A Theory of Planned Behavior. In J. Kuhl e J. Beckmann, editores, *Action Control*, SSSP Springer Series in Social Psychology, páginas 11–39. Springer Berlin Heidelberg.
- Almeida Brito, J., Carvalho, R., de Melo Filho, I., Gomes, A., de Melo, R., e da Silva L Latorre, A. (2011). Blog as a collaborative tool on interaction in classroom: Investigating the acceptance of technical student. In *Information Systems and Technologies (CISTI), 2011 6th Iberian Conference on*, páginas 1–5.
- Araújo, R. (2013). Distribuição e personalização de conteúdo multimídia em ambientes educacionais ubíquos. Dissertação de mestrado, Faculdade de Computação, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, BR. 105 páginas, Disponível em: http://www.bdtu.ufu.br/tde_busca/processaPesquisa.php?pesqExecutada=1&id=3947.
- Araujo, R., Ferreira, H., Rosa, P., e Cattelan, R. (2012). A redundancy information protocol for p2p networks in ubiquitous computing environments: Design and implementation. In *ICN 2012, The Eleventh International Conference on Networks*, páginas 215–220.
- Araujo, R., Brant-Ribeiro, T., Cattelan, R., De Amo, S., e Ferreira, H. (2013). Personalization of Interactive Digital Media in Ubiquitous Educational Environments. In *Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2013 IEEE International Conference on*, páginas 3955–3960.

- Araujo, R., Brant-Ribeiro, T., FREITAS, R., Dorca, F. A., e Cattelan, R. (2014). Autoria automática de objetos de aprendizagem a partir de captura multimídia e associação a estilos de aprendizagem. In *25º Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE), 2014 III Congresso Brasileiro de Informática na Educação on*, páginas 219–228.
- Azouaou, F., Mokeddem, H., Berkani, L., Ouadah, A., e Mostefai, B. (2013). WebAnnot: A Learner’s Dedicated Web-based Annotation Tool. *Int. J. Technol. Enhanc. Learn.*, 5(1):56–84.
- Balakrishnan, V., Liew, T. K., e Pourgholaminejad, S. (2015). Fun learning with Edooware – A social media enabled tool. *Computers & Education*, 80(0):39 – 47.
- Banday, M. (2012). e-Learning, Web 2.0 and beyond. In *Digital Information Processing and Communications (ICDIPC), 2012 Second International Conference on*, páginas 114–119.
- Bari, N., Mani, G., e Berkovich, S. (2013). Internet of Things as a Methodological Concept. In *Computing for Geospatial Research and Application (COM.Geo), 2013 Fourth International Conference on*, páginas 48–55.
- Brant-Ribeiro, T. (2014). Formalização e validação de aplicações de captura e acesso em ambientes educacionais ubíquos. Dissertação de mestrado, Faculdade de Computação, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, BR. 143 páginas, Disponível em: http://www.bdtu.ufu.br/tde_busca/processaPesquisa.php?pesqExecutada=1&id=4570.
- Brotherton, J. A. e Abowd, G. D. (2004). Lessons Learned from eClass: Assessing Automated Capture and Access in the Classroom. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, 11(2):121–155.
- Carvajal, L. (2009). Usability-enabling Guidelines: A Design Pattern and Software Plug-in Solution. In *Proceedings of the Doctoral Symposium for ESEC/FSE on Doctoral Symposium*, ESEC/FSE Doctoral Symposium '09, páginas 9–12, Amsterdam, The Netherlands, New York, NY, USA. ACM.
- Cattelan, R. G. (2009). *Captura e acesso na produção, distribuição, apresentação e extensão de conteúdo multimídia*. Tese de doutorado, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo - USP. 177 páginas, Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-31082009-161619/>.
- Cebollero, D., Llamas, C., e Dodero, J. (2006). Effective Analysis and Design of Computer-Supported Learning System. In *Advanced Learning Technologies, 2006. Sixth International Conference on*, páginas 472–473.
- Chang, S., Liu, G., Wang, D., e Du, C. (2011). A compact monopole antenna for wearable computer system. In *Transportation, Mechanical, and Electrical Engineering (TMEE), 2011 International Conference on*, páginas 332–335.
- Chen, Y.-C., Hwang, R.-H., e Wang, C.-Y. (2012). Development and Evaluation of a Web 2.0 Annotation System As a Learning Tool in an e-Learning Environment. *Comput. Educ.*, 58(4):1094–1105.

- Chieu, T., Zeng, L., e Mohindra, A. (2008). An extensible enterprise content management system with Service Component Architecture. In *Service Operations and Logistics, and Informatics, 2008. IEEE/SOLI 2008. IEEE International Conference on*, volume 1, páginas 1131–1137.
- Chiou, C.-K. e Tseng, J. C. (2012). Design of a Personalized Navigation Support System for Context-aware Ubiquitous Learning Environment. In *Proceedings of the 2012 RecSys Workshop on Personalizing the Local Mobile Experience, LocalPeMA '12*, páginas 1–6, Dublin, Ireland, New York, NY, USA. ACM.
- Chiu, H.-Y., Wen, S.-Z., e Sheng, C.-C. (2009). Apply Web 2.0 Tools to Constructive Collaboration Learning: A Case Study in MIS Course. In *INC, IMS and IDC, 2009. NCM '09. Fifth International Joint Conference on*, páginas 1638–1643.
- Claros, I. e Cobos, R. (2013). Social Media Learning: An approach for composition of multimedia interactive object in a collaborative learning environment. In *Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD), 2013 IEEE 17th International Conference on*, páginas 570–575.
- Coelho, W. G. (2012). Uso dos recursos de mídias sociais na Educação a Distância: impactos na percepção da presença social. *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 23(10).
- Dai, C.-Y., Charng-Tzer, H., Chen, W.-F., e Kao, M.-T. (2011). The study on exploring the user satisfaction of easy teaching web of Taipei by information-seeking and technology acceptance model. In *Electrical and Control Engineering (ICECE), 2011 International Conference on*, páginas 7007–7011.
- Dan, A., Johnson, R. D., e Carrato, T. (2008). SOA Service Reuse by Design. In *Proceedings of the 2Nd International Workshop on Systems Development in SOA Environments, SDSOA '08*, páginas 25–28, Leipzig, Germany, New York, NY, USA. ACM.
- Davis, F. D. (1986). *A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems : theory and results*. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology, Sloan School of Management.
- De Marsico, M., Sterbini, A., e Temperini, M. (2011). The Definition of a Tunneling Strategy between Adaptive Learning and Reputation-based Group Activities. In *Advanced Learning Technologies (ICALT), 2011 11th IEEE International Conference on*, páginas 498–500.
- Del Ra, III, W. (2011). Brave NUI World: Designing Natural User Interfaces for Touch and Gesture by Daniel Wigdor and Dennis Wixon. *SIGSOFT Softw. Eng. Notes*, 36(6):29–30.
- Dominic, P. e Khan, H. (2014). Evaluation of online system acceptance through airlines websites in Malaysia. In *Computer and Information Sciences (ICCOINS), 2014 International Conference on*, páginas 1–6.
- Dorça, F. A., Lima, L. V., Fernandes, M. A., e Lopes, C. R. (2013). Comparing Strategies for Modeling Students Learning Styles Through Reinforcement Learning in Adaptive and Intelligent Educational Systems: An Experimental Analysis. *Expert Syst. Appl.*, 40(6):2092–2101.

- El Helou, S., Gillet, D., Salzmann, C., e Yu, C. M. (2009). A Study of the Acceptability of a Web 2.0 Application by Higher-Education Students Undertaking Collaborative Laboratory Activities. In *Advances in Computer-Human Interactions, 2009. ACHI '09. Second International Conferences on*, páginas 117–125.
- Evans, C., Professor Raymond Hackney, D., Rauniar, R., Rawski, G., Yang, J., e Johnson, B. (2014). Technology acceptance model (TAM) and social media usage: an empirical study on Facebook. *Journal of Enterprise Information Management*, 27(1):6–30.
- Fan, P.-L., Wang, H.-W., Wu, W.-H., ju Lu, S., Ke, M.-C., e Wu, H.-J. (2010). An Online Collaborative Learning Platform with Annotation on Figures. In *Advanced Learning Technologies (ICALT), 2010 IEEE 10th International Conference on*, páginas 119–121.
- Felder, R. M. e Silverman, L. K. (1988). Learning and Teaching Styles in Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, 78(7):674 – 681.
- Ferreira, H. (2012). Captura multimídia em ambientes educacionais instrumentados: aspectos arquiteturais, modelo de comunicação e interface de acesso contextual. Dissertação de mestrado, Faculdade de Computação, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, BR. 112 páginas, Disponível em: http://www.bdtu.ufu.br/tde_busca/processaPesquisa.php?pesqExecutada=1&id=3176.
- Ferreira, H., Dias Araujo, R., De Amo, S., e Cattelan, R. (2012). Classroom Experience: A Platform for Multimedia Capture and Access in Instrumented Educational Environments. In *Collaborative Systems (SBSC), 2012 Brazilian Symposium on*, páginas 59–64.
- Flaithearta, P., Melvin, H., e Schukat, M. (2013). Improving VoIP over synchronized WLANs. In *Digital Technologies (DT), 2013 International Conference on*, páginas 6–13.
- Foll, S., Pontow, J., Linner, D., e Radusch, I. (2006). Classifying Multimedia Resources Using Social Relationships. In *Multimedia, 2006. ISM'06. Eighth IEEE International Symposium on*, páginas 690–695.
- Garg, N., Lather, J., e Dhurandher, S. (2011). A model based on context discussions for locationing mobile user. In *Information and Communication Technologies (WICT), 2011 World Congress on*, páginas 760–765.
- Gartner Inc (2014). Gartner Says Worldwide Traditional PC, Tablet, Ultramobile and Mobile Phone Shipments On Pace to Grow 7.6 Percent in 2014. URL: <http://www.gartner.com/newsroom/id/2645115>. Acesso em 02/12/2014.
- Grossniklaus, M., Norrie, M., Signer, B., e Weibel, N. (2007). Producing Interactive Paper Documents Based on Multi-Channel Content Publishing. In *Automated Production of Cross Media Content for Multi-Channel Distribution, 2007. AXMEDIS '07. Third International Conference on*, páginas 89–96.
- Huang, J., Bowling, N., Liu, M., e Li, Y. (2014). Detecting Insufficient Effort Responding with an Infrequency Scale: Evaluating Validity and Participant Reactions. *Journal of Business and Psychology*, páginas 1–13.

- Huang, S.-H., Chen, C.-M., e Guo, J.-C. (2012). Using collaborative reading annotation system with self-regulated learning mechanisms to promote reading performance in English. In *Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet), 2012 2nd International Conference on*, páginas 3687–3690.
- Huang, T. K. (2015). Exploring the antecedents of screenshot-based interactions in the context of advanced computer software learning. *Computers & Education*, 80(0):95 – 107.
- IEEE (2005). IEEE Standard for Learning Technology-Extensible Markup Language (XML) Schema Definition Language Binding for Learning Object Metadata. *IEEE Std 1484.12.3-2005*, páginas 1–46.
- Ismail, L. (2009). Extensible multimedia document player. In *Computer Engineering Systems, 2009. ICCES 2009. International Conference on*, páginas 435–439.
- Iwata, M., Miyamoto, H., Hara, T., Komaki, D., Shimatani, K., Mashita, T., Kiyokawa, K., Uemukai, T., Hattori, G., Nishio, S., e Takemura, H. (2013). A Content Search System Considering the Activity and Context of a Mobile User. *Personal Ubiquitous Comput.*, 17(5):1035–1050.
- Jin, L. e Wen, Z. (2009). An Augmented Social Interactive Learning Approach through Web2.0. In *Computer Software and Applications Conference, 2009. COMPSAC '09. 33rd Annual IEEE International*, volume 1, páginas 607–611.
- Kalogeraki, E.-M., Theocharis, S., Apostolou, D., Tsihrintzis, G., e Panayiotopoulos, T. (2014). Semantic concepts in BPMN 2.0. In *Information, Intelligence, Systems and Applications, IISA 2014, The 5th International Conference on*, páginas 204–209.
- Khan, J. e Tao, Q. (2001). Prefetch scheduling for composite hypermedia. In *Communications, 2001. ICC 2001. IEEE International Conference on*, volume 3, páginas 768–773 vol.3.
- Kohlsdorf, D., Gilliland, S., Presti, P., Starner, T., e Herzing, D. (2013). An Underwater Wearable Computer for Two Way Human-dolphin Communication Experimentation. In *Proceedings of the 2013 International Symposium on Wearable Computers, ISWC '13*, páginas 147–148, Zurich, Switzerland, New York, NY, USA. ACM.
- Lin, J.-L. e Hwang, K.-S. (2012). An automatic classification system of online E-learning resources. In *System Science and Engineering (ICSSE), 2012 International Conference on*, páginas 163–166.
- Ling, M. e Yuan, P. (2012). An empirical research: Consumer intention to use smartphone based on consumer innovativeness. In *Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet), 2012 2nd International Conference on*, páginas 2368–2371.
- Liu, H., Xi, Y., Song, W., Um, K., e Cho, K. (2013). Gesture-Based NUI Application for Real-Time Path Modification. In *Dependable, Autonomic and Secure Computing (DASC), 2013 IEEE 11th International Conference on*, páginas 446–449.
- Liu, W., Li, X., e Huang, D. (2011). A survey on context awareness. In *Computer Science and Service System (CSSS), 2011 International Conference on*, páginas 144–147.

- Lopes, J. a., Gusmao, M., Souza, R., Davet, P., Souza, A., Costa, C., Barbosa, J., Pernas, A., Yamin, A., e Geyer, C. (2013). Towards a Distributed Architecture for Context-aware Mobile Applications in UbiComp. In *Proceedings of the 19th Brazilian Symposium on Multimedia and the Web, WebMedia '13*, páginas 43–50, Salvador, Brazil, New York, NY, USA. ACM.
- Lu, C.-T. e Ting, C.-T. (2013). A study of tax e-filing acceptance model: A structural equation modeling approach. In *Computer and Information Science (ICIS), 2013 IEEE/ACIS 12th International Conference on*, páginas 1–6.
- Martens, D. e Provost, F. (2014). Explaining Data-driven Document Classifications. *MIS Q.*, 38(1):73–100.
- Medeiros, F. P. A. e Gomes, A. S. (2012). Monitoramento da Experiência do Usuário em Ambientes Colaborativos Virtuais de Aprendizagem: Um Mapeamento Sistemático. *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 23(10).
- Meher, S., Pal, S., e Dutta, S. (2012). Granular Computing Models in the Classification of Web Content Data. In *Web Intelligence and Intelligent Agent Technology (WI-IAT), 2012 IEEE/WIC/ACM International Conferences on*, volume 2, páginas 175–179.
- Mendonça, I., Araujo, R., Brant-Ribeiro, T., Mendes, M., Dorca, F. A., e Cattelan, R. (2014). Explorando Funcionalidades Sociais e Colaborativas em Ambientes Educacionais Ubíquos. In *25º Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE), 2014 III Congresso Brasileiro de Informática na Educação on*, páginas 476–485.
- Möller, D. P. F., Haas, R., e Vakilzadian, H. (2013). Ubiquitous Learning: Teaching Modeling and Simulation with Technology. In *Proceedings of the 2013 Grand Challenges on Modeling and Simulation Conference, GCMS '13*, páginas 24:1–24:8, Toronto, Ontario, Canada, Vista, CA. Society for Modeling & Simulation International.
- Morgado, E., Penalvo, F., e Hidalgo, C. (2012). Learning Objects classification for competency-based skills. In *Computers in Education (SIIE), 2012 International Symposium on*, páginas 1–4.
- Mukherjee, S., Pal, S., Choudhury, P., e Nandi, S. (2014). Challenges of establishing a collaborative learning environment using MANET. In *Business and Information Management (ICBIM), 2014 2nd International Conference on*, páginas 23–26.
- Murugesan, S. (2007). Understanding Web 2.0. *IT Professional*, 9(4):34–41.
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA.
- Nistor, N., Baltes, B., Dascălu, M., Mihăilă, D., Smeaton, G., e Ștefan Trăușan-Matu (2014). Participation in virtual academic communities of practice under the influence of technology acceptance and community factors. A learning analytics application. *Computers in Human Behavior*, 34(0):339 – 344.
- Nokelainen, P., Kurhila, J., Miettinen, M., Floreen, P., e Tirri, H. (2003). Evaluating the role of a shared document-based annotation tool in learner-centered collaborative learning. In *Advanced Learning Technologies, 2003. Proceedings. The 3rd IEEE International Conference on*, páginas 200–203.

- Park, E., Baek, S., Ohm, J., e Chang, H. J. (2014). Determinants of Player Acceptance of Mobile Social Network Games: An Application of Extended Technology Acceptance Model. *Telemat. Inf.*, 31(1):3–15.
- Peris, M., Blinn, N., Nuttgens, M., Lindermann, N., e von Kortzfleisch, H. (2013). Acceptance of Professional Web 2.0 Platforms in Regional SME Networks: An Evaluation Based on the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology. In *System Sciences (HICSS), 2013 46th Hawaii International Conference on*, páginas 2793–2802.
- Pimentel, M., Ishiguro, Y., Kerimbaev, B., Abowd, G., e Guzdial, M. (2001). Supporting educational activities through dynamic web interfaces. *Interacting with Computers*, 13(3):353 – 374.
- Pimentel, M. G. C., Baldochi-Jr., L. A., e Cattelan, R. G. (2007). Prototyping Applications to Document Human Experiences. *IEEE Pervasive Computing*, 6(2):93–100.
- Requena-Carrion, J., Alonso-Atienza, F., Guerrero-Curienes, A., e Rodriguez-Gonzalez, A. (2010). A student-centered collaborative learning environment for developing communication skills in engineering education. In *Education Engineering (EDUCON), 2010 IEEE*, páginas 783–786.
- Richter, H. A., Abowd, G. D., Geyer, W., Fuchs, L., Daijavad, S., e Poltrock, S. E. (2001). Integrating Meeting Capture Within a Collaborative Team Environment. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Ubiquitous Computing, UbiComp '01*, páginas 123–138, Atlanta, Georgia, USA, London, UK, UK. Springer-Verlag.
- Risko, E. F., Foulsham, T., Dawson, S., e Kingstone, A. (2013). The Collaborative Lecture Annotation System (CLAS): A New TOOL for Distributed Learning. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 6(1):4–13.
- Roder, H. (2012). Specifying usability features with patterns and templates. In *Usability and Accessibility Focused Requirements Engineering (UsARE), 2012 First International Workshop on*, páginas 6–11.
- Sabitha, A. e Mehrotra, D. (2012). User Centric Retrieval of Learning Objects in LMS. In *Computer and Communication Technology (ICCCT), 2012 Third International Conference on*, páginas 14–19.
- Saiful Bahry, F., Anwar, N., e Amran, N. (2012). Predicting intended to use of web portal using extended technology acceptance model (TAM): Some perspective on information management students. In *Business, Engineering and Industrial Applications (ISBEIA), 2012 IEEE Symposium on*, páginas 229–234.
- Samia, D. e Abdelkrim, A. (2012). An adaptive educationnal hypermedia system integrating learning styles: Model and experiment. In *Education and e-Learning Innovations (ICEELI), 2012 International Conference on*, páginas 1–6.
- Settle, A., Dettori, L., e Davidson, M. J. (2011). Does Lecture Capture Make a Difference for Students in Traditional Classrooms. In *Proceedings of the 16th Annual Joint Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, ITiCSE '11*, páginas 78–82, Darmstadt, Germany, New York, NY, USA. ACM.

- Shah, M. e Sardana, A. (2012). Searching in Internet of Things Using VCS. In *Proceedings of the First International Conference on Security of Internet of Things*, SecurIT '12, páginas 63–67, Kollam, India, New York, NY, USA. ACM.
- Shareef, M. A., Kumar, V., Kumar, U., e Hasin, A. A. (2013). Application of Behavioral Theory in Predicting Consumers Adoption Behavior. *J. Inf. Technol. Res.*, 6(4):36–54.
- Shi, Y. (2006). Context Awareness, the Spirit of Pervasive Computing. In *Pervasive Computing and Applications, 2006 1st International Symposium on*, páginas 6–6.
- Song, Y., Lu, Z., Leung, C. W.-k., e Yang, Q. (2013). Collaborative Boosting for Activity Classification in Microblogs. In *Proceedings of the 19th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, KDD '13, páginas 482–490, Chicago, Illinois, USA, New York, NY, USA. ACM.
- Stylianakis, G., Arapi, P., Moumoutzis, N., e Christodoulakis, S. (2013). CoLearn: Real time collaborative learning environment. In *e-Learning and e-Technologies in Education (ICEEE), 2013 Second International Conference on*, páginas 13–18.
- Thomas, B. (2012). Have We Achieved the Ultimate Wearable Computer? In *Wearable Computers (ISWC), 2012 16th International Symposium on*, páginas 104–107.
- Truong, K. N. e Hayes, G. R. (2009). *Ubiquitous Computing for Capture and Access (Foundations and Trends(r) in Human-Computer Interaction)*. Foundations and Trends(r) in Human-Computer Interaction (Book6). Now Publishers Inc.
- Truong, K. N. e Hayes, G. R. (2009). Ubiquitous Computing for Capture and Access. *Found. Trends Hum.-Comput. Interact.*, 2(2):95–171.
- Truong, K. N., Abowd, G. D., e Brotherton, J. A. (1999). Personalizing the Capture of Public Experiences. In *Proceedings of the 12th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '99, páginas 121–130, Asheville, North Carolina, USA, New York, NY, USA. ACM.
- Tseng, J., Wu, C.-H., e Hwang, G.-J. (2010). A Collaborative Ubiquitous Learning Approach for Conducting Personal Computer-Assembling Activities. In *Advanced Learning Technologies (ICALT), 2010 IEEE 10th International Conference on*, páginas 726–727.
- Wan, L. (2010). Application of web 2.0 technologies in e-learning context. In *Networking and Digital Society (ICNDS), 2010 2nd International Conference on*, volume 1, páginas 437–440.
- Weiser, M. (1991). The Computer for the 21st Century. *Scientific American*, 265(3):66–75.
- Weiser, M. (1993). Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing. *Commun. ACM*, 36(7):75–84.
- Weiser, M. (1994). The World is Not a Desktop. *interactions*, 1(1):7–8.
- Wilde, N., Simmons, S., Pressel, M., e Vandeville, J. (2008). Understanding Features in SOA: Some Experiences from Distributed Systems. In *Proceedings of the 2Nd International Workshop on Systems Development in SOA Environments*, SDSOA '08, páginas 59–62, Leipzig, Germany, New York, NY, USA. ACM.

- Wiley, D. A. (2000). Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. *The Instructional Use of Learning Objects: Online Version*.
- Williams, S. e Roberts, T. (2002). Computer-Supported Collaborative Learning: Strengths and weaknesses. In *Computers in Education, 2002. Proceedings. International Conference on*, páginas 328–331 vol.1.
- Xin, M., Cao, H., e Niu, Z. (2014). An approach to a location context awareness service prediction algorithm. In *Electronics, Computer and Applications, 2014 IEEE Workshop on*, páginas 766–770.
- Yin, C., Tabata, Y., e Ogata, H. (2009). A Collaborative Learning Service for SNS in Ubiquitous Computing Environment. In *Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2009. WiCom '09. 5th International Conference on*, páginas 1–4.
- Yu, X., Yang, Z., Wang, M., e Lai, Y. (2011). Elements of Affecting Knowledge Sharing Behavior between Exchange and Native Students Based on TPB Theory. In *Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering (ICIII), 2011 International Conference on*, volume 2, páginas 55–58.

*Gráficos de Frequência de Acesso ao
Sistema e às Aulas do Classroom
eXperience*

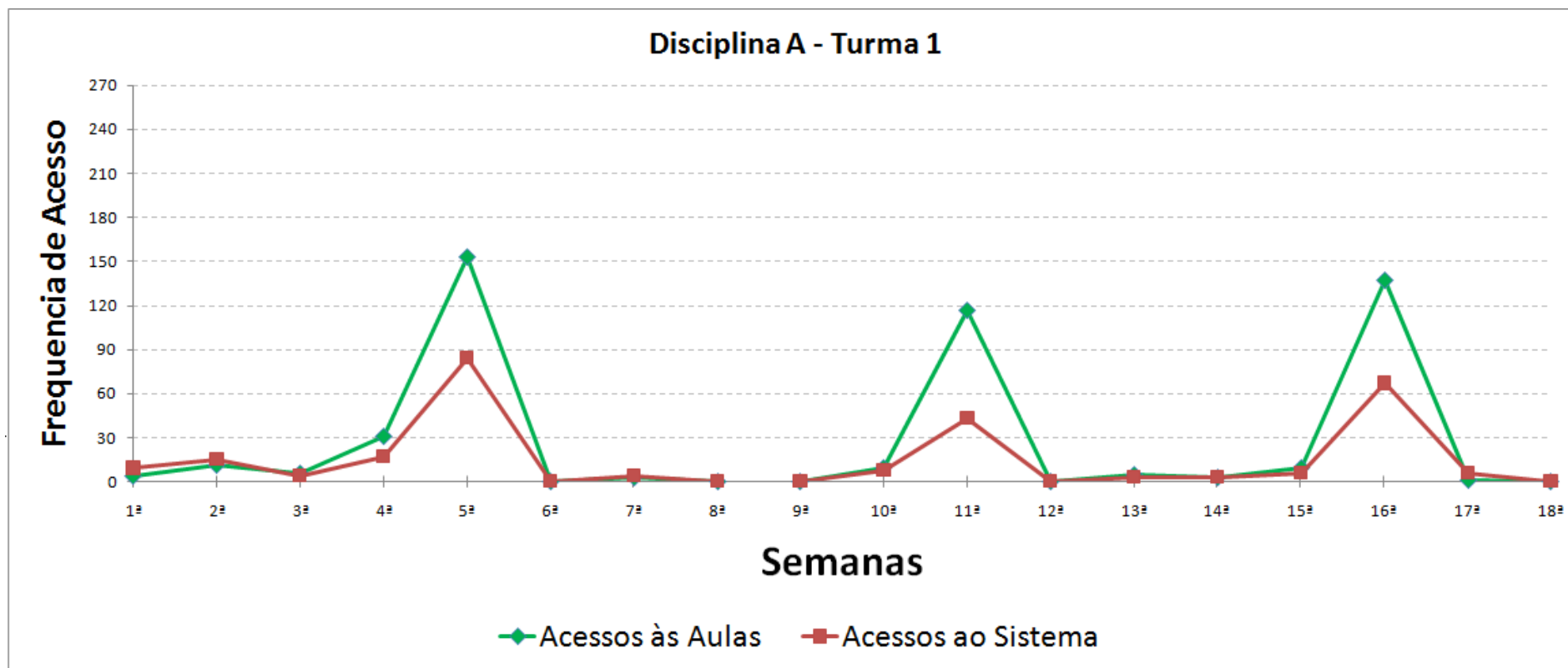


Figura A.1: Quantidade de acessos ao CX pelos alunos que cursaram a disciplina A no 1º semestre letivo.

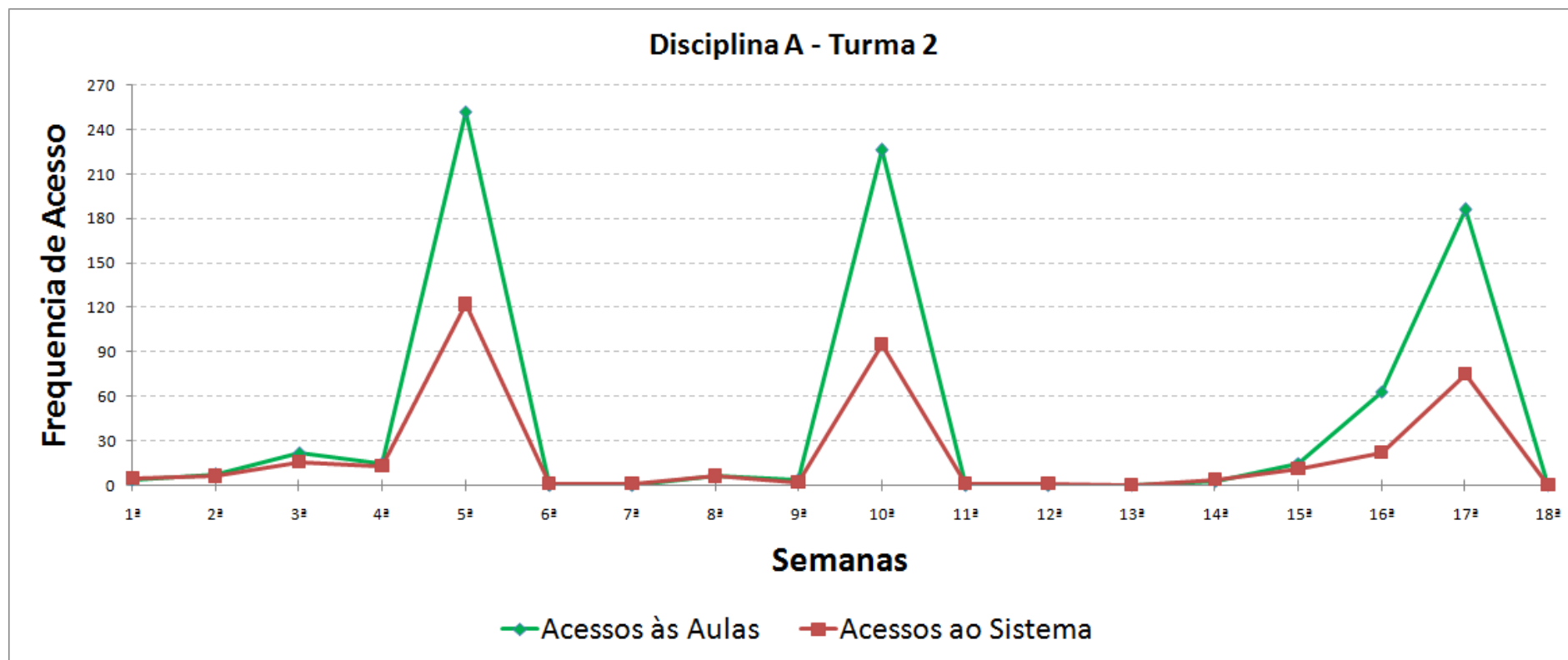


Figura A.2: Quantidade de acessos ao CX pelos alunos que cursaram a disciplina A no 2º semestre letivo.

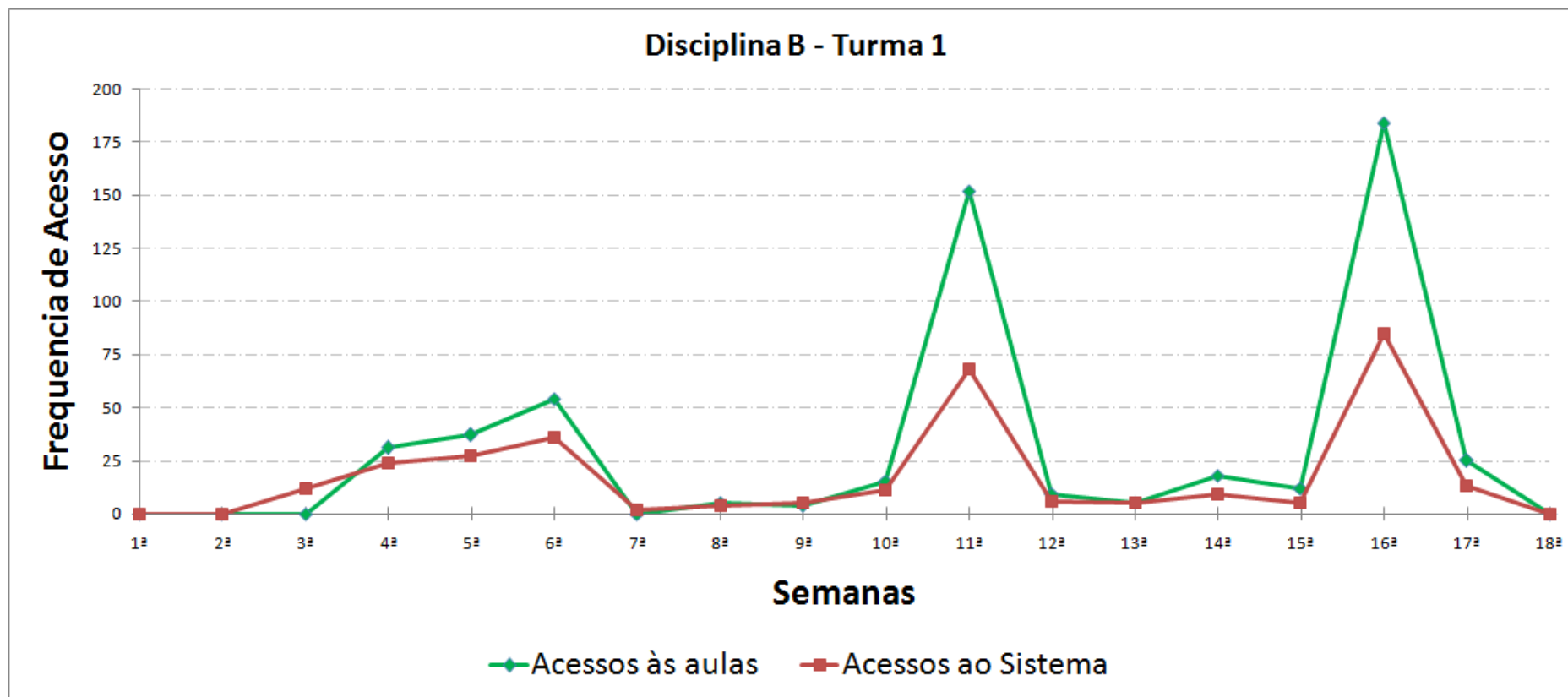


Figura A.3: Quantidade de acessos ao CX pelos alunos que cursaram a disciplina B no 1º semestre letivo.

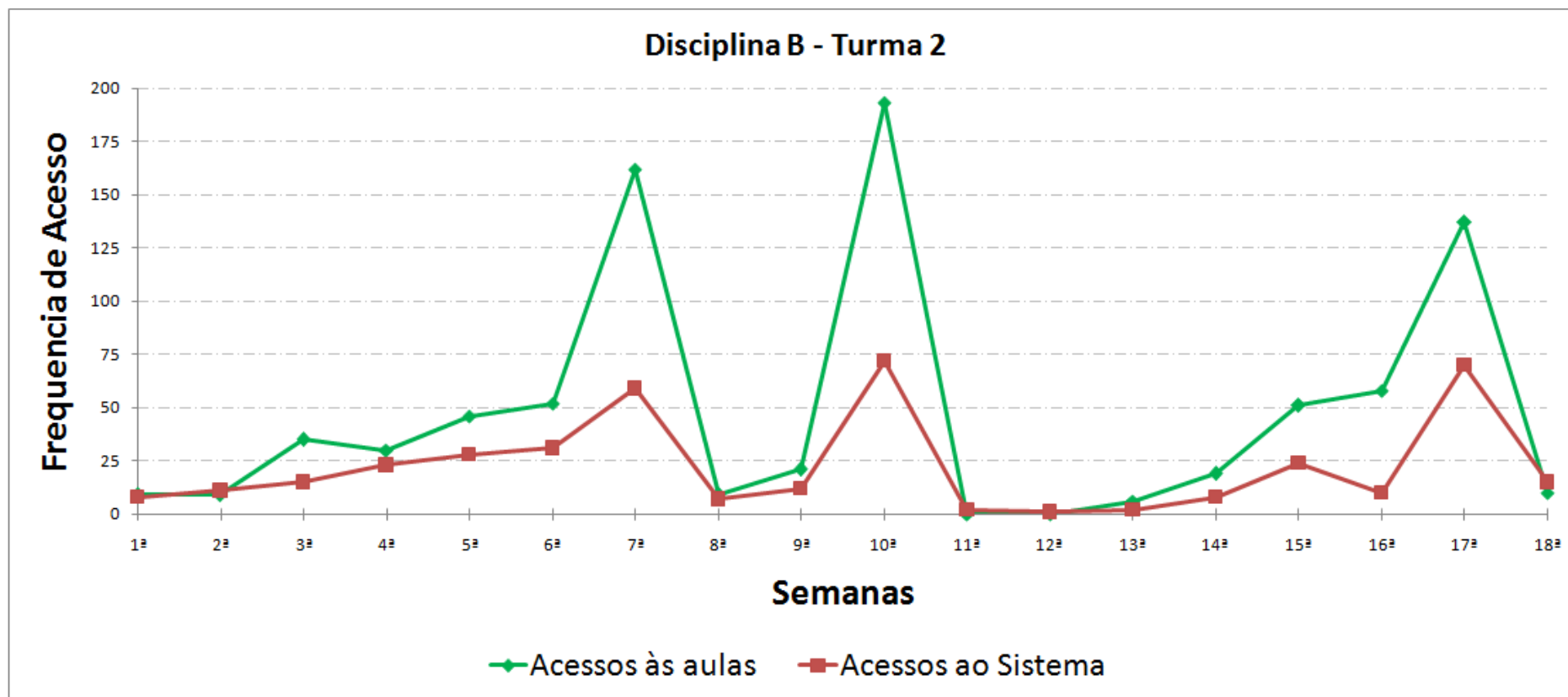


Figura A.4: Quantidade de acessos ao CX pelos alunos que cursaram a disciplina B no 2º semestre letivo.

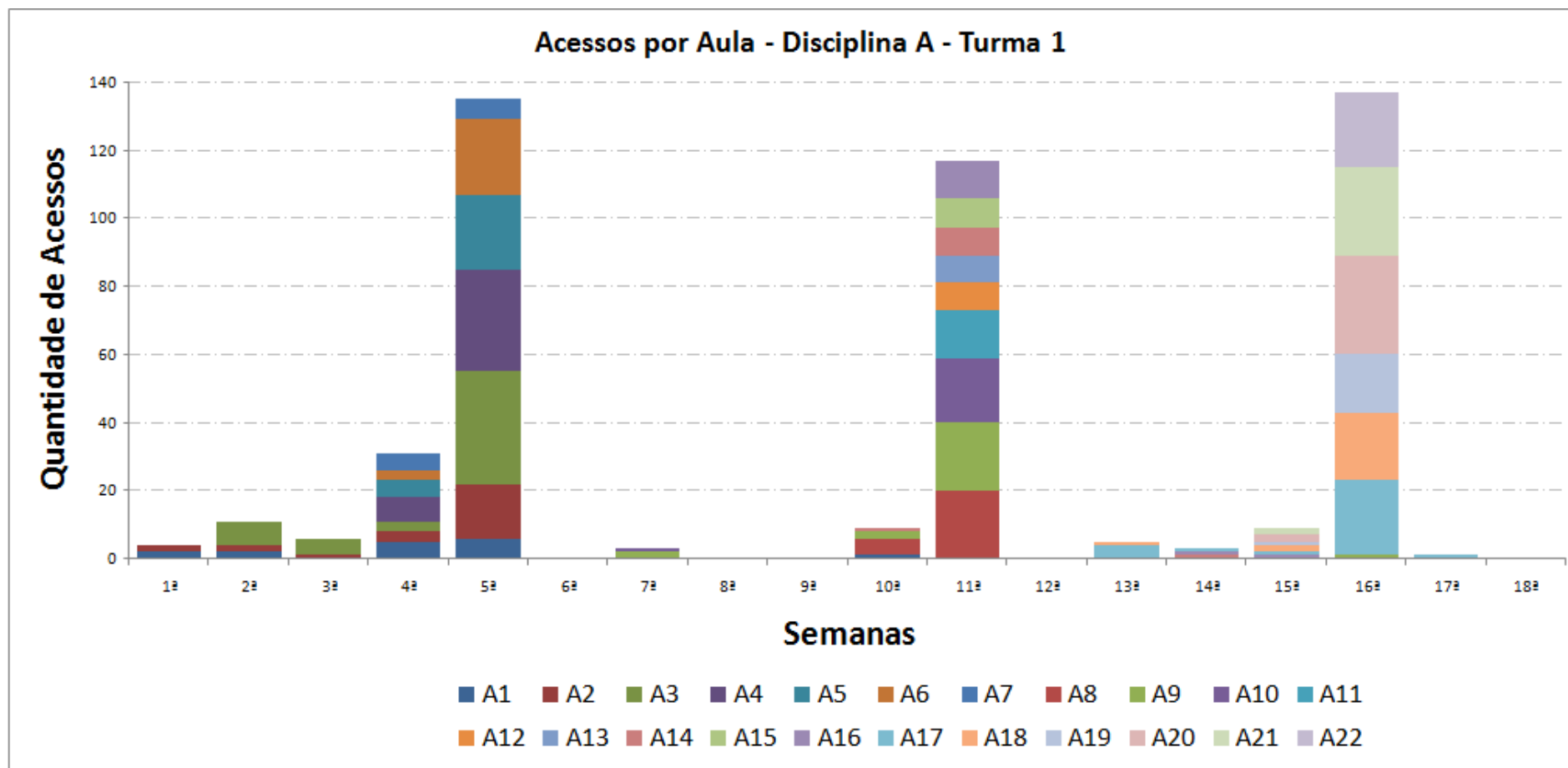


Figura A.5: Quantidade de acessos às aulas pelos alunos que cursaram a disciplina A no 1º semestre letivo.

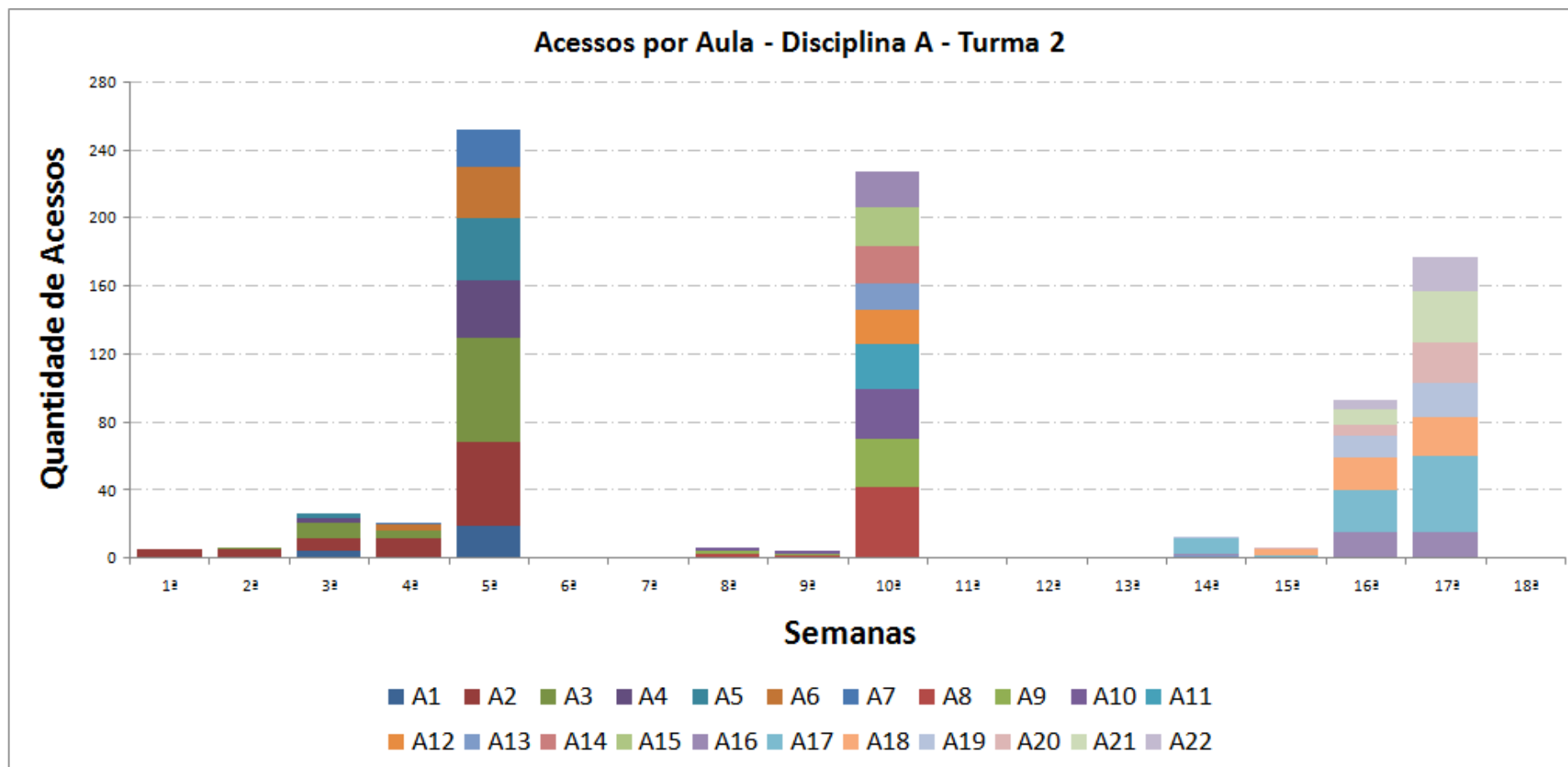


Figura A.6: Quantidade de acessos às aulas pelos alunos que cursaram a disciplina A no 2º semestre letivo.

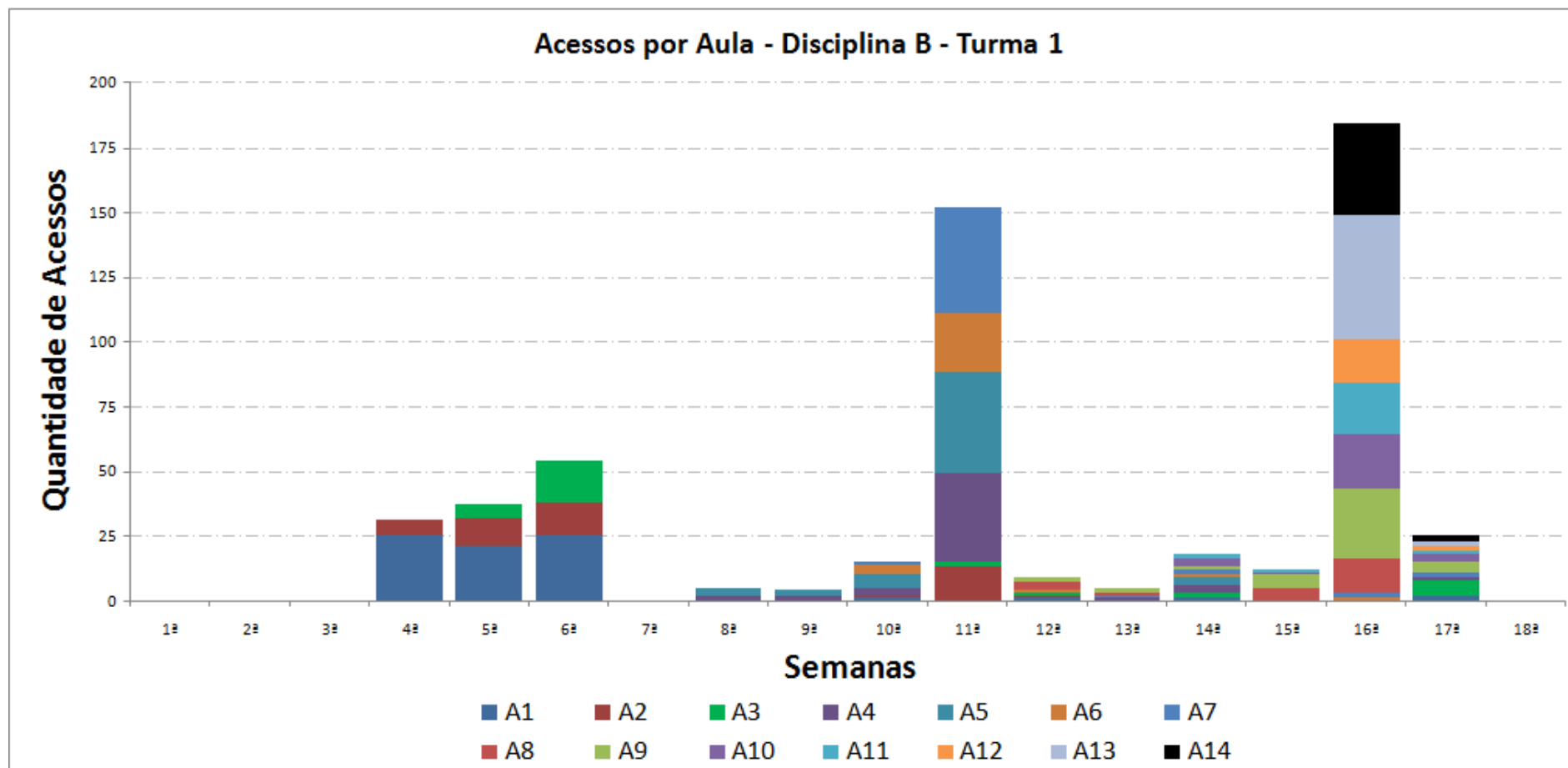


Figura A.7: Quantidade de acessos às aulas pelos alunos que cursaram a disciplina B no 1º semestre letivo.

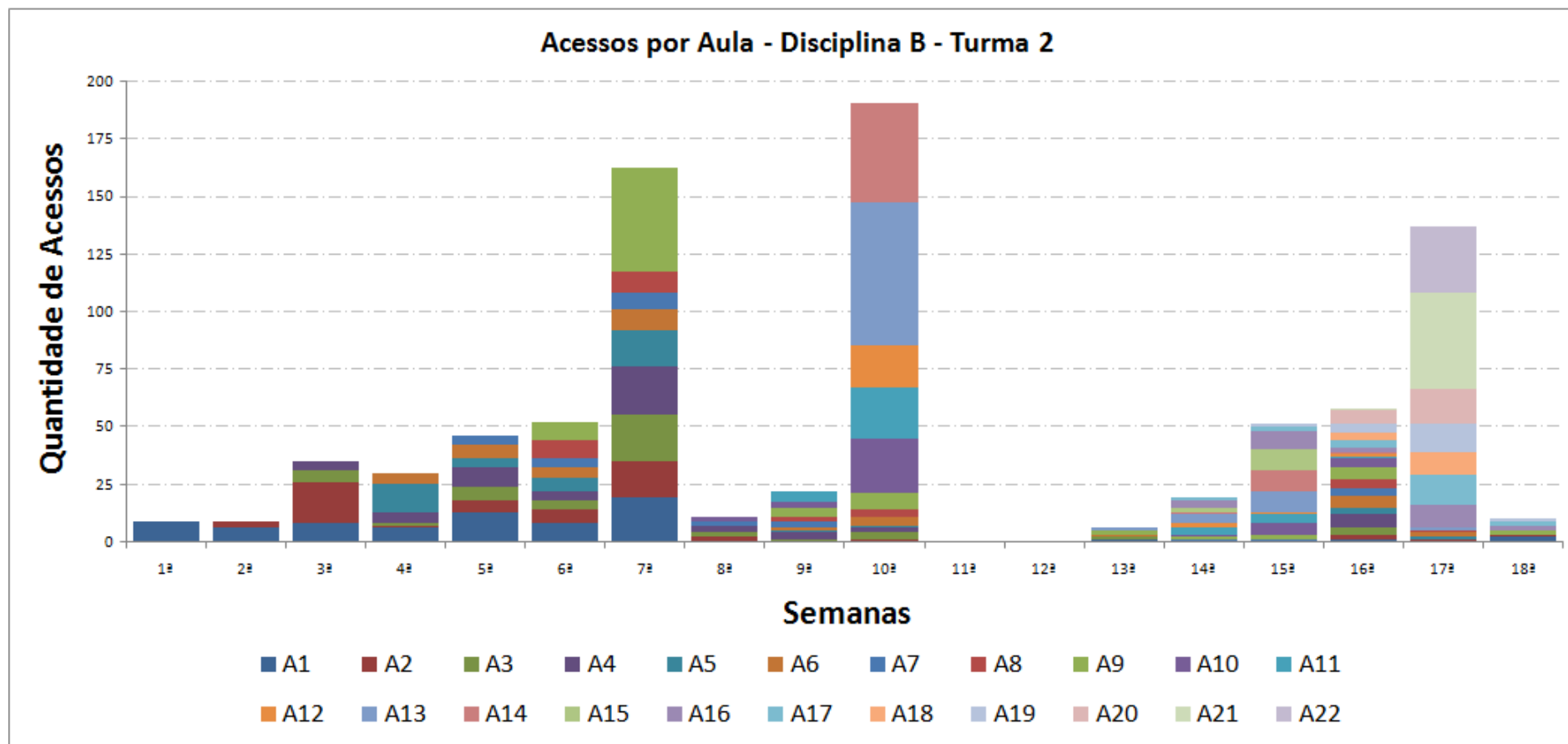


Figura A.8: Quantidade de acessos às aulas pelos alunos que cursaram a disciplina B no 2º semestre letivo.