

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

Rodrigo Prestes Machado

Percepção sonora: discutindo os limites e as possibilidades de interação e de interdependência
positiva de pessoas com deficiência visual em sistemas Web síncronos

Porto Alegre

2019

Rodrigo Prestes Machado

Percepção sonora: discutindo os limites e as possibilidades de interação e de interdependência positiva de pessoas com deficiência visual em sistemas Web síncronos

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação do Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação da universidade Federal do Rio Grande do Sul, como Requisito para obtenção do título de Doutor em Informática na Educação

Orientadora: Lucila Santarosa

Coorientador: Eliseo Berni Reategui

Linha de Pesquisa: Ambientes Informatizados e Ensino a Distância

Porto Alegre

2019

CIP - Catalogação na Publicação

Prestes Machado, Rodrigo
Percepção sonora: discutindo os limites e as possibilidades de interação e de interdependência positiva de pessoas com deficiência visual em sistemas Web síncronos / Rodrigo Prestes Machado. -- 2019. 133 f.
Orientador: Lucila Santarosa.

Coorientador: Eliseo Berni Reategui.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro de Estudos Interdisciplinares em Novas Tecnologias na Educação, Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Porto Alegre, BR-RS, 2019.

1. Percepção. 2. Cooperação. 3. Acessibilidade. 4. Pessoas com deficiência visual . 5. Sistemas Web síncronos. I. Santarosa, Lucila, orient. II. Berni Reategui, Eliseo, coorient. III. Título.



**ATA SOBRE A DEFESA DE TESE DE DOUTORADO
RODRIGO PRESTES MACHADO**

Às quatorze horas do dia vinte e quatro de setembro de dois mil e dezenove, na sala 329 do PPGIE/CINTED, nesta Universidade, reuniu-se a Comissão de Avaliação, composta pelos Professores Doutores: Gabriela Trindade Perry, Marcelo Soares Pimenta e Jaime Sánchez para a análise da defesa de Tese de Doutorado intitulada **“Percepção Sonora: Discutindo os Limites e as Possibilidades de Interação e de Interdependência Positiva de Pessoas com Deficiência Visual em Sistemas Web Síncronos”**, do doutorando do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação Rodrigo Prestes Machado, sob a orientação da Prof.^a Dr.^a Lucila Maria Costi Santarosa e coorientação do Prof. Dr. Eliseo Berni Reategui.

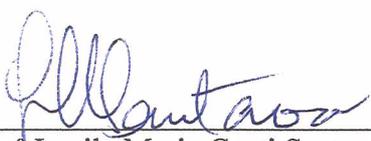
A Banca, reunida, após a apresentação e arguição, emite o parecer abaixo assinalado.

- Considera a Tese aprovada
() sem alterações;
() sem alterações, com voto de louvor;
() e recomenda que sejam efetuadas as reformulações e atendidas as sugestões contidas nos pareceres individuais dos membros da Banca;

[] Considera a Tese reprovada.

Considerações adicionais (a critério da Banca):

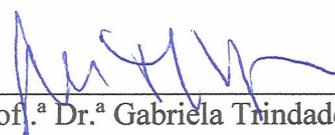
A BANCA CONSIDEROU O TRABALHO BEM COMPUTO E COM CONTRIBUIÇÕES RELEVANTES, E SUGERE QUE SEJAM ATENDIDAS AS OBSERVAÇÕES FEITAS DURANTE A DEFESA.



Prof.^a Dr.^a Lucila Maria Costi Santarosa
Orientadora



Prof. Dr. Eliseo Berni Reategui
Coorientador



Prof.^a Dr.^a Gabriela Trindade Perry
PPGIE/UFRGS



Prof. Dr. Marcelo Soares Pimenta
UFRGS

(vídeo conferência)

Prof. Dr. Jaime Sánchez
UCHILE

AGRADECIMENTOS

A realização desta tese é o resultado do incentivo e do trabalho de muitas pessoas sem os quais não seria possível a realização deste estudo. Nenhuma das palavras que eu escreva aqui refletirá o quanto sou grato à essas pessoas.

À minha orientadora, professora Lucila Santarosa, me acolheu em seu grupo de pesquisa, me permitiu participar de um programa de doutorado, me conduziu o meu processo de aprendizagem durante vários anos e, mesmo aposentada, continua desenvolvendo tecnologias para inclusão de pessoas com deficiência.

Ao meu coorientador, Eliseo Reategui, pelos diversos ensinamentos, conversas e, principalmente, por servir como um exemplo de professor para todos.

Aos colegas do grupo de pesquisa NIEE, principalmente à Débora Conforto, pelas incontáveis lições que contribuíram de maneira decisiva para minha formação como pesquisador e como pessoa.

Ao Lauro Correa Júnior que ajudou significativamente com o desenvolvimento dos sistemas que serviram de cenários para os estudos desta tese.

Ao Crystian Antunes, Júnior, à Larissa Sousa, Luís Fernando e ao Márcio Cortes que gentilmente me auxiliaram com a realização dos estudos desta tese.

Finalmente, gostaria de agradecer o apoio incondicional da minha família e, em especial, à Giandra Volpato, por todo carinho, incentivo e conselhos que recebi durante o desenvolvimento desta tese.

RESUMO

Atualmente vive-se em uma sociedade em rede na qual a informação é o principal ativo econômico e social. A interação e a interdependência positiva, elementos estruturantes de atividades cooperativas mediadas por computador são fundamentais para o desenvolvimento de competências cognitivas, interpessoais e intrapessoais. Práticas cooperativas mediadas por dispositivos tecnológicos devem levar em consideração diferentes perfis de usuários. A análise de sistemas Web síncronos, Google Docs e Word Online, evidenciaram fragilidades na acessibilidade e nas possibilidades de interação de pessoas com deficiência visual, ao revelar lacunas quanto à implementação de recursos de percepção sonora. Esses resultados, conduziram a proposição do objetivo deste estudo, analisar os limites e as possibilidades do uso de elementos de suporte à percepção sonora em sistemas Web síncronos como dispositivos de inserção de pessoas com deficiência visual em ações cooperativas. Visando validar os dispositivos tecnológicos e analisar a interação de sujeitos com deficiência visual foram desenvolvidos sistema Web de bate-papo e ferramenta de escrita cooperativa ambos com suporte à percepção sonora. Protocolos de pesquisa, complementados por entrevistas semiestruturadas, mapearam os dados de interação de cinco sujeitos com deficiência visual nos sistemas implementados, analisados por meio de categorias previamente estabelecidas: percepção no espaço de trabalho e cooperação. A análise e discussão de resultados revelou que o consorciamento dos elementos de percepção sonora e as estratégias de navegabilidade tornaram os sistemas acessíveis e potencializaram a ação cooperativa de participantes com deficiência visual. A base conceitual utilizada, os sistemas desenvolvidos e a discussão dos resultados, disponibilizam um conjunto de informações relevantes para a qualificação e garantia de equidade em sistemas Web síncronos, estabelecendo as condições de possibilidade para novos estudos, visando um maior aprofundamento desse campo de conhecimento.

Palavras-chave: Percepção, cooperação, acessibilidade, pessoas com deficiência visual e sistemas Web síncronos.

ABSTRACT

We live in a network society information is the main economic and social asset. Interaction and positive interdependence, elements for cooperative computer activities are fundamental for the development of cognitive, interpersonal and intrapersonal skills. Computer-mediated cooperative practices should consider different user profiles. The analysis of synchronous Web systems, Google Docs and Word Online, showed weaknesses in the accessibility and possibilities of interaction of visually impaired users, revealing issues in the development of sound awareness features. These results led to the aim of this study, to analyze the limits and possibilities of the use of elements to support sound awareness in synchronous Web systems as tools for the insertion of visually impaired users in cooperative activities. In order to analyze the interaction of visually impaired subjects and validate the technological resources, a Web chat system and a cooperative writing tool were developed with support of sound awareness. Research protocols, complemented by semi-structured interviews, mapping the interaction data of visually impaired users in the implemented systems were analyzed through previous categories: awareness in the workspace and cooperation. The analysis and discussion of results revealed that the elements of sound awareness and the navigability strategies made the systems accessible and enhanced the cooperative activities of visually impaired participants. The conceptual basis used, the systems developed, and the discussion of the results, provided a set of relevant information to qualify the equity participation of visually impaired users in synchronous Web systems, establishing the conditions for further studies, aiming a deep understanding of this area of knowledge.

Keywords: Awareness, cooperation, accessibility, people with visual impaired, and synchronous Web systems.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1.	PERCEPÇÃO	18
2.1.1.	<i>Percepção no contexto do trabalho cooperativo apoiado por computador.....</i>	<i>19</i>
2.1.2.	<i>Percepção no espaço de trabalho.....</i>	<i>22</i>
2.1.3.	<i>Representação auditiva de interfaces computacionais.....</i>	<i>25</i>
2.1.4.	<i>Emprego de representação auditiva em sistemas colaborativos.....</i>	<i>27</i>
2.2.	COOPERAÇÃO	31
2.2.1.	<i>Colaboração e cooperação</i>	<i>31</i>
2.2.2.	<i>Aprendizagem Cooperativa</i>	<i>32</i>
2.2.3.	<i>O Círculo de Escritores: uma prática de Aprendizagem Cooperativa.....</i>	<i>33</i>
2.2.4.	<i>Modelo de desenvolvimento de grupos.....</i>	<i>34</i>
2.2.5.	<i>Requisitos para o apoio de ações cooperativas em sistemas.....</i>	<i>36</i>
2.2.6.	<i>Métrica para avaliar atividades colaborativas em sistemas de Wikis on-line.....</i>	<i>43</i>
3.	TRABALHOS RELACIONADOS	46
3.1.	REGIÕES VIVAS COMO FERRAMENTA DE ACESSIBILIDADE (W3C – ARIA)	46
3.2.	INTERAÇÃO DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL EM EDITORES DE ESCRITA SÍNCRONA E COLABORATIVA NA WEB	50
3.3.	<i>FEEDBACK TÁTIL COMO INSTRUMENTO DE APOIO PARA INTERAÇÃO DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL EM SISTEMAS SÍNCRONOS E COLABORATIVOS</i>	<i>52</i>
4.	CENÁRIOS TECNOLÓGICOS E PERCURSO METODOLÓGICO	57
4.1.	ELEMENTOS DE PERCEPÇÃO EM EDITORES ON-LINE NA PERSPECTIVA DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL.....	58
4.2.	SOUND CHAT: UM ESTUDO SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DE ELEMENTOS DE PERCEPÇÃO SONOROS PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL NA WEB	64
4.3.	COOPERATIVE EDITOR	69
4.3.1.	<i>Sujeitos da pesquisa do terceiro estudo</i>	<i>76</i>
4.3.2.	<i>Metodologia do terceiro estudo.....</i>	<i>77</i>
4.3.3.	<i>Coleta dos dados do terceiro estudo.....</i>	<i>80</i>
4.3.4.	<i>Análise dos dados do terceiro estudo.....</i>	<i>82</i>
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO DO TERCEIRO ESTUDO.....	83
5.1.	PRIMEIRA QUESTÃO DE PESQUISA.....	83
5.1.1.	<i>Resultados dos testes da primeira fase.....</i>	<i>84</i>

5.1.2.	<i>Resultados e discussão sobre a primeira questão de pesquisa</i>	87
5.2.	SEGUNDA QUESTÃO DE PESQUISA.....	92
5.2.1.	<i>Resultados e discussão sobre a implementação dos elementos de suporte à percepção sonora</i> 92	
5.2.2.	<i>Resultados e discussão sobre text-to-speech e regiões vivas</i>	101
5.2.3.	<i>Resultados e discussão sobre a implementação das teclas de atalho</i>	104
5.2.4.	<i>Resumo das discussões realizadas para a segunda pergunta de pesquisa</i>	107
5.3.	TERCEIRA QUESTÃO DE PESQUISA.....	109
5.3.1.	<i>Resultados da terceira fase</i>	109
5.3.2.	<i>Resultados da quarta fase</i>	113
5.3.3.	<i>Discussão sobre as atividades de escrita síncrona e coletiva</i>	116
6.	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	119
6.1.	TRABALHOS FUTUROS.....	122
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	126

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - CONCEITO DE PERCEPÇÃO NO ESPAÇO DE TRABALHO.	23
FIGURA 2 - ÍCONES DE CONTROLE DE ENVIO, RECEBIMENTO, VISUALIZAÇÃO E CONECTIVIDADE DO WHATSAPP.	25
FIGURA 3 - CÍRCULO DE ESCRITORES: MOMENTO DA CONTRIBUIÇÃO DO ESTUDANTE 4.	34
FIGURA 4 - MODELO DE DESENVOLVIMENTO DE GRUPOS DESCRITO POR TUCKMAN E JENSEN.	35
FIGURA 5 - MODELO DE DESENVOLVIMENTO DE GRUPOS EM AÇÃO COOPERATIVA.	37
FIGURA 6 - ELEMENTOS DE PERCEPÇÃO NO WORD ONLINE EM AÇÃO SÍNCRONA.	62
FIGURA 7 - ELEMENTOS DE PERCEPÇÃO NO GOOGLE DOCS EM AÇÃO ASSÍNCRONA.	63
FIGURA 8 - INTERFACE DO SOUND CHAT.	65
FIGURA 9 - INTERFACE PRINCIPAL DO COOPERATIVE EDITOR.	71
FIGURA 10 - EXEMPLO DE VÍDEO CAPTURADO EM UMA SESSÃO DE TESTE NO COOPERATIVE EDITOR.	81

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ELEMENTOS DE PERCEPÇÃO RELACIONADOS À IDEIA DE TAREFA	24
TABELA 2 - REQUISITOS FUNCIONAIS PARA SISTEMAS COOPERATIVOS COM PROPOSITO EDUCACIONAL	42
TABELA 3 - ESTRUTURA DA ANÁLISE DE CONTRIBUIÇÃO DOS SUJEITOS.....	43
TABELA 4 - CARACTERIZAÇÃO DOS SUJEITOS DE PESQUISA	59
TABELA 5 - CATEGORIAS DE ANÁLISE E PROTOCOLO DE PESQUISA.....	59
TABELA 6 - ELEMENTOS DE PERCEPÇÃO SONOROS NO SOUND CHAT.....	65
TABELA 7 - CATEGORIAS DE PERCEPÇÃO NO ESPAÇO DE TRABALHO	66
TABELA 8 - SUJEITOS DA PESQUISA COM O SOUND CHAT	67
TABELA 9 - ELEMENTOS DE PERCEPÇÃO SONORO DA ÁREA DOS PARTICIPANTES	72
TABELA 10- ELEMENTOS DE PERCEPÇÃO SONORO DA ÁREA DO BATE-PAPO	73
TABELA 11 - ELEMENTOS DE PERCEPÇÃO SONORO DA ÁREA DAS RUBRICAS	74
TABELA 12 - ELEMENTOS DE PERCEPÇÃO SONORO DA ÁREA DO EDITOR	75
TABELA 13 - CARACTERIZAÇÃO DOS SUJEITOS DE PESQUISA	77
TABELA 14 - RESUMO DA COMPOSIÇÃO DO ESTUDO COM O COOPERATIVE EDITOR	80
TABELA 15 - QUESTÕES DE PESQUISA E MÉTODOS DE ANÁLISE DE DADOS	82
TABELA 16 – DURAÇÃO DOS SONS NO COOPERATIVE EDITOR	86
TABELA 17 - WORKSPACE AWARENESS NO COOPERATIVE EDITOR	92
TABELA 18 - UTILIZAÇÃO DAS TECLAS DE ATALHO.....	105
TABELA 19 - CONTRIBUIÇÕES DE CONTEÚDO NA ETAPA TRÊS.....	110
TABELA 20 - INTERAÇÃO E REFLEXÃO DOS ESTUDANTES NA FASE TRÊS.....	112
TABELA 21 - CONTRIBUIÇÕES DE CONTEÚDO NA ETAPA QUATRO	114
TABELA 22 - INTERAÇÃO E REFLEXÃO DOS ESTUDANTES NA FASE QUATRO.....	115

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - QUESTIONÁRIO ENCAMINHADO AOS SUJEITOS DA PESQUISA NO FINAL DA FASE 5	81
QUADRO 2 – EXEMPLOS DE COORDENAÇÃO E ASSISTÊNCIA.....	90
QUADRO 3 - RESPOSTAS DAS ENTREVISTAS SOBRE OS ELEMENTOS DE SUPORTE À PERCEPÇÃO SONORA.....	94
QUADRO 4 – TRECHO DE UMA CONVERSA DE ORIENTAÇÃO ENTRE S ₁ E S ₂	100
QUADRO 5 - RESUMO DAS DISCUSSÕES REALIZADAS PARA A SEGUNDA PERGUNTA DE PESQUISA.....	108
QUADRO 6 - TEXTO ESCRITO POR S ₃ E S ₄ NA TERCEIRA ETAPA.....	111

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - NÚMERO DE PALAVRAS ESCRITAS NO TEXTO PELOS SUJEITOS	88
GRÁFICO 2 - COORDENAÇÃO E ASSISTÊNCIA	91

1. INTRODUÇÃO

A evolução da Web e das redes sociais evidenciou o conhecimento como um dos recursos mais valiosos para o desenvolvimento econômico e social, exigindo que as pessoas se tornem capazes de participar de uma sociedade baseada na informação e conectada em rede. Contudo, segundo Neil Postman (2005), o avanço das mídias e das formas de comunicação fez com que o pensamento humano se tornasse mais reativo, o que, de certa forma, dificultou a aquisição de novos conhecimentos e o convívio social. Assim, torna-se primordial que as instituições de ensino desenvolvam desde cedo nos estudantes competências que vão muito além de conhecimentos meramente instrucionais.

De acordo com o último censo realizado em 2017 pela Associação Brasileira de Educação a Distância (ABDE, 2019), os seis principais recursos utilizados pelas instituições brasileiras que oferecem cursos de ensino a distância são: teleaulas, textos digitais, vídeos, livros eletrônicos, livros impressos e áudios. Ainda que auxiliem os estudantes na busca por conhecimentos técnicos, os tipos de recursos atualmente usados no ensino a distância priorizam o trabalho individual em detrimento de atividades de natureza sociais, indo na contramão do desenvolvimento de competências necessárias para operar em uma sociedade conectada em rede e baseada em informação. Portanto, existe uma necessidade imediata da utilização de novas metodologias de ensino e, conseqüentemente, recursos tecnológicos que promovam as competências e as habilidades sociais dos estudantes.

Nesse cenário, mostram-se apropriadas as atividades realizadas em grupo, visto que, quando comparadas com metodologias individualistas ou competitivas, propiciam, por exemplo, maior troca e apreensão de conhecimentos e exercício do pensamento crítico, argumentativo e criativo. Além disso, sabe-se que o trabalho em grupo está relacionado com o desenvolvimento de questões psicológicas, como maturidade emocional, capacidade de lidar com a adversidade, competências sociais e otimismo em relação aos demais (JOHNSON; JOHNSON, 1996). Entre as formas de metodologias baseadas em atividades de grupo, destacam-se as ações cooperativas (PIAGET, 1973), as quais estão ancoradas em dois conceitos fundamentais: a interação e a interdependência positiva. A interação diz respeito à reciprocidade das trocas entre os indivíduos,

e a interdependência positiva se caracteriza pela noção de que o sucesso de um sujeito está associado ao sucesso de todo o grupo.

Por outro lado, a segunda fase da Web (TIM O'REILLY, 2005) favorece a reflexão sobre as ferramentas que apoiam atividades *on-line*, já que permite desenvolver aplicações com um alto grau de interatividade. A Web 2.0 amplia gradativamente os espaços de interação humana, projetando um espaço-tempo digital que supera a perspectiva de uma simples mudança estética.

Ao promover a socialização de ideias e projetos, recursos de informação e de comunicação na Web têm facilitado o encontro de pessoas e de organizações, instituindo formas de convivência e de convergência alicerçadas no respeito mútuo e na valorização das individualidades e das diferenças. Como analisa Touraine (2009), contemporaneamente, "somos instruídos a reconhecer as diferenças e a proteger as minorias". Entretanto, o que grupos minoritários buscam, efetivamente, é o reconhecimento da diversidade humana como indivíduos com o direito de se constituírem sujeitos criadores de si mesmos e, portanto, com possibilidade de aprendizagem nos mais diferentes espaços socioculturais.

A Web 2.0 revela um novo paradigma na modelagem de interfaces para as tecnologias digitais. Trata-se de um processo, como destaca Tim O'Reilly (2005), que, muito mais do que aperfeiçoar a usabilidade de interfaces para Web, objetiva o desenvolvimento de uma arquitetura de participação, levando sistemas computacionais a incorporarem recursos tecnológicos de interconexão e de compartilhamento de saberes. A produção dessa cultura da participação se faz viável no cumprimento da premissa estabelecida por Tim O'Reilly (2005): as funcionalidades da Web se tornarão melhores à medida que o número de pessoas que utilizam seus recursos e benefícios forem aumentando.

Todavia, as ações humanas necessitam ser pautadas no diálogo com as diferenças. Essa matriz contemporânea e cultural poderá ser conquistada quando a exclusão prévia de qualquer grupo social e/ou impedimento dos direitos e deveres humanos forem efetivamente combatidos. A perspectiva da inclusão sociodigital exige a alteração do perfil tecnológico, devendo este assumir como meta a superação das restrições no desenvolvimento de softwares modelados para uma determinada especificidade sensorial ou cognitiva. Após investigar a interação entre pessoas com deficiência e recursos computacionais, Castellano e Montoya (2011) apontaram para a necessidade de romper com a lógica do software exclusivo para cada deficiência. Programas com a etiqueta "centrados no déficit", ainda que apresentem vantagens pela facilidade de uso e pela possível

solução de problemas físicos ou sensoriais, na realidade revelam sua fragilidade ao não acompanhar o desenvolvimento do usuário e ao não potencializar a interação com os demais atores sociais. No desenvolvimento de tecnologias para pessoas com deficiência, deve-se garantir a ruptura com o caráter de exclusividade, pois a modelagem restritiva opera sob uma lógica centrada no defeito e, portanto, contribui para a segregação digital e social.

Aproveitando a conectividade da rede, os aplicativos da Web 2.0 podem promover funcionalidades colaborativas, como a edição conjunta de documentos de forma síncrona e assíncrona. No entanto, esse grau de interatividade que inaugura uma nova forma de navegação mais fluida na Web, ao mesmo tempo, coloca um desafio para pessoas com deficiência visual. Por exemplo, por meio de um leitor de tela, uma pessoa cega normalmente percorre os elementos de uma página de maneira sequencial. Entretanto, as aplicações colaborativas desenvolvidas na Web 2.0 sofrem atualizações constantes, faz-se necessário um conjunto de notificações para alertar os usuários de leitores de tela sobre, por exemplo, a presença de outra pessoa conectada ao mesmo espaço de trabalho.

Há, na literatura acerca deste tema, alguns trabalhos que observaram o problema da interação de pessoas com deficiência visual em sistema Web síncronos e interativos. O estudo de Thiessen e Chen (2007) analisou a interação de pessoas com deficiência visual em um sistema de bate-papo na Web chamado ReefChat. Macgookin e Brewster (2007) analisaram a interação de duplas de pessoas cegas em um sistema de ação coletiva com interface tátil voltado para a criação de gráficos. A investigação de Buzzi *et al.* (2014) estudou as funcionalidades colaborativas do Google Docs para pessoas com deficiência visual e revelou que o principal problema dessa ferramenta estava relacionada justamente ao fato dos sujeitos não serem alertados sobre as ações dos colegas, o que impossibilitava ações de natureza colaborativa.

Apesar do avanço nas discussões sobre o assunto, nenhum dos trabalhos na literatura se dedicou ao estudo da implementação de mecanismos de notificações para que os sujeitos com deficiência visual pudessem perceber os colegas e, conseqüentemente, interagir em sistemas Web síncronos. Além disso, nenhuma das pesquisas utilizou uma aplicação Web alicerçada em conceitos como a cooperação, que promove interações interdependentes.

Conforme discutido anteriormente, os resultados dos trabalhos inicialmente pesquisados evidenciaram a ausência de mecanismos de notificação em sistemas que promovem atividades cooperativas para pessoas com limitação visual, conduzindo a construção do **objeto de**

investigação, analisar os limites e as possibilidades do uso de elementos de suporte à percepção sonora em sistemas Web síncronos como dispositivos de inserção de pessoas com deficiência visual em ações cooperativas.

Para apresentar o percurso que conduziu esta investigação, este documento foi organizado seis capítulos, respondendo cada um deles aos objetivos específicos da pesquisa. O capítulo dois apresenta o referencial teórico, a caixa de ferramenta conceitual para apoiar a análise e discussão dos dados. A construção dessa base conceitual foi alavancada pela revisão bibliográfica sistematizada apresentada no capítulo três, respondendo ao primeiro objetivo específico deste estudo, **mapear problemas e soluções de acessibilidade e usabilidade que estão relacionados à interação de pessoas com deficiência visual em sistemas síncronos e colaborativos/cooperativos.**

A delimitação das ferramentas conceituais, **os elementos percepção** e **os requisitos de cooperação**, estabeleceram as condições para a análise e modelagem de dois cenários tecnológicos que permitissem implementar e validar esses conceitos em sistemas Web síncronos, visando potencializar a interação e interdependência positiva de pessoas com deficiência visual. O capítulo quatro apresenta esse itinerário investigativo e concretiza o segundo objetivo específico, **implementar um sistema Web que permita ações síncronas e cooperativas entre indivíduos com deficiência visual.** O capítulo cinco responde ao terceiro objetivo específico desta tese, **investigar a interação entre sujeitos com deficiência visual e um sistema Web síncrono e cooperativo.** Finalmente, o capítulo seis apresenta as conclusões e as possibilidades de estudos futuros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Com o objetivo de delimitar ferramentas capazes de tornar acessíveis as aplicações Web síncronas e cooperativas voltadas para pessoas com deficiência visual, apresenta-se os dois conceitos centrais que fundamentam esta tese: percepção e cooperação. Nesse sentido, o presente capítulo detalha o conceito de percepção (*awareness*), destacando a teoria sobre percepção no espaço de trabalho (*workspace awareness*) e discutindo os conceitos relacionados à representação auditiva em interfaces computacionais.

Na segunda parte deste referencial teórico, são demarcados os conceitos de colaboração e cooperação. A partir dessa delimitação conceitual são apresentados os princípios da aprendizagem cooperativa, ilustrados por meio da experiência da prática do Círculo de Escritores. Essa construção conceitual apontou para a necessidade do seu aprofundamento, conduzindo uma discussão sobre requisitos para o desenvolvimento de sistemas que apoiem atividades cooperativas, concluindo com a apresentação de uma métrica para avaliar atividades colaborativas em ambientes *on-line*.

2.1. PERCEPÇÃO

As diretrizes de acessibilidade para conteúdo na Web (*Web Content Accessibility Guidelines — WCAG*) (CALDWELL et al., 2008) apresentam um número expressivo de recomendações que visam auxiliar os programadores na tarefa de tornar o conteúdo da Web mais acessível. As recomendações do WCAG estão classificadas em quatro princípios: Perceptível, Operável, Compreensível e Robusto. As diretrizes do princípio **Perceptível** orientam como construir uma página Web em que os usuários possam notar a informação e os componentes da interface. No princípio **Operável**, estão dispostas as orientações para a adequação dos componentes da interface à navegação dos usuários. As recomendações do princípio **Compreensível** objetivam garantir que as informações da interface possam ser compreendidas. O princípio **Robusto**, por sua vez, estabelece orientações que conduzem para a implementação de páginas Web capazes de funcionar em qualquer agente de usuário.

A recomendação WCAG ao operar como guia da pesquisa realizada no Núcleo de Informática na Educação Especial (NIEE) com o sistema denominado Quadro Branco (SANTAROSA; CONFORTO; MACHADO, 2014) revelou indícios de que o principal problema

enfrentado por pessoas com deficiência visual em ação síncrona e colaborativa na Web: não perceber as atividades dos demais participantes dentro do ambiente.

No entanto, quando se estudam as quatro diretrizes que compõem o princípio perceptível, nota-se que, atualmente, o WCAG não tem observado de forma acurada cenários de aplicações Web dirigidos à realização de interações síncronas. As quatro diretrizes desse princípio recomendam (CALDWELL et al., 2008): (1) fornecer alternativas textuais para todo o conteúdo não textual, (2) assegurar que existam alternativas para os conteúdos em multimídia dinâmica ou temporal, (3) criar conteúdos que possam ser apresentados de diferentes formas, mas sem perder informação ou modificar sua estrutura, (4) facilitar a visão e a audição dos conteúdos por meio da separação entre o primeiro plano e o plano de fundo.

A pesquisa que direcionou a modelagem do Quadro Branco, um sistema de autoria coletiva, síncrono e acessível (SANTAROSA; CONFORTO; MACHADO, 2014), evidenciou que as diretrizes do WCAG não atendem a questões relacionadas à percepção em um contexto de aplicações Web. Portanto, foi necessário recorrer a outras áreas do conhecimento a fim de verificar estudos que auxiliassem na resolução desse tipo de problema, em especial, quando a interação envolve pessoas com deficiência visual. Dessa forma, as próximas seções discorrem sobre conceitos relacionados com a área de conhecimento da percepção em sistemas computacionais.

2.1.1. Percepção no contexto do trabalho cooperativo apoiado por computador

O termo percepção (*awareness*) foi introduzido na área de CSCW (*Computer Supported Cooperative Work*) por Dourish e Bellotti (1992, p. 1), definindo-o com a “compreensão que um indivíduo deve ter sobre as atividades dos outros, a qual irá prover um contexto para as suas próprias atividades”. Endsley (1995, p. 5) interpreta o conceito de percepção como o "conhecimento sobre o que está acontecendo".

Damásio (2012) enfatiza que a mente toma consciência do mundo por meio do cérebro, que, por sua vez, obtém informações pelo corpo. O corpo, então, é o limite sensorial que alimenta o cérebro e, logo, a mente. Para Damásio, o termo percepção possui o sentido de recepção, capitaneado pelo mecanismo sensorial de entrada de informações pelo corpo. A noção de consciência está associada ao planejamento, à tomada de decisões, à interação com o meio e à seleção do curso da ação. A consciência é um sentimento sem qualquer modalidade sensorial voltada ao exterior, pois não segue nenhum padrão tátil, visual, auditivo, olfativo ou gustativo.

Portanto, ter o conhecimento do que está acontecendo envolve o sistema sensorial e um processo mental de tomada de consciência. Nesta investigação, o conceito de percepção foi potencializado ao englobar os conceitos de Damásio sobre a percepção e a consciência. Nesse sentido, o conceito de percepção ao ser referenciado tem sua dimensão sensorial acrescida da tomada de consciência.

Em interações face a face, a percepção ocorre de forma natural. Em uma palestra na universidade, por exemplo, as pessoas percebem quem está falando, reconhecem as expressões faciais dos outros, o tom do discurso do palestrante, entre outros elementos. Entretanto, quando as interações em grupo são mediadas por computador, as informações sobre o contexto necessitam ser capturadas e retransmitidas para os outros participantes. Comparando-se uma interação face a face à uma interação mediada por computador, constata-se uma perda significativa da informação sobre o contexto pelos seguintes motivos: (1) os dispositivos de entrada e saída fornecem apenas uma fração de toda a informação de percepção disponível e (2) as ações de um sujeito com a área de trabalho computacional gera menos informações do que a interação em uma área de trabalho física (PIMENTEL; FUKS, 2011). Portanto, verifica-se a importância de serem mantidas as informações de percepção durante o desenvolvimento de uma tarefa coletiva mediada por computador.

Em uma ação colaborativa, normalmente os sujeitos alternam entre o trabalho individual e o trabalho coletivo enquanto desenvolvem uma tarefa. O conceito de Acoplamento (*Coupling*) estabelece o quanto de trabalho individual uma pessoa pode realizar antes da necessidade de empreender uma ação coletiva, como por exemplo, uma instrução, informação, discussão, entre outros (SALVADOR; SCHOLTZ; LARSON, 1996). As razões pelas quais as pessoas passam de um relacionamento frouxo para um mais acoplado estão condicionadas as oportunidades de colaborar. Portanto, a percepção revela-se como componente essencial para promover atividades coletivas auxiliadas por computador.

Em cenários que envolvem artefatos computacionais compartilhados, como documentos, planilhas, imagens, podem ser utilizados mecanismos de percepção conversacionais, pois, permitem que sujeitos combinem a comunicação verbal com sinais provenientes de outros sentidos, a fim de viabilizar uma interlocução satisfatória entre os participantes (BRINCK; GOMEZ, 1992). Muitas vezes, os sinais visuais, auditivos ou táteis manifestam uma ação de forma tão evidente que tornam a comunicação verbal desnecessária. A simplificação das informações a serem comunicadas pode ocorrer por meio de referências dentro do contexto, como por exemplo, quando

um sujeito destaca algum detalhe de determinado objeto ao circular, sublinhar, desenhar, etc. Pessoas ao conversarem, buscam evidências de que foram compreendidas e, portanto, fazem uso de expressões que anunciam o entendimento sobre uma ação (*backchannel feedback*), como “ok”, “bom”, “certo”, “errado”, entre outras.

Coordenar ações em uma atividade coletiva significa fazer com que as intervenções iniciem no momento e na ordem corretas. As informações de percepção podem ser utilizadas com o objetivo de permitir que pessoas utilizem protocolos sociais para coordenar o acesso a objetos, (GREENBERG; MARWOOD, 1994). Essas informações também são relevantes para o planejamento ou o replanejamento de uma atividade, pois é a partir da atividade dos sujeitos que o grupo pode estabelecer novos processos de trabalho para dar seguimento ao cumprimento de uma tarefa.

A antecipação revela-se como um comportamento habitual na execução de uma tarefa coletiva. Os membros de um grupo efetuam ações que são respaldadas em predições sobre o que os outros irão realizar no futuro, como preparar-se para a próxima ação da equipe, como evitar conflitos e como providenciar recursos que se farão necessários. As pessoas são especialistas em reconhecer padrões relacionados a eventos e, rapidamente, começam a antever o que irá acontecer. Novamente, afirma-se a relevância da percepção, por sua capacidade de fornecer subsídios para que as pessoas possam distinguir se o comportamento dos outros interagentes corresponde a padrões previamente conhecidos (TANG, 1989).

Os elementos de suporte à percepção também proporcionam o reconhecimento da necessidade do auxílio de outros. Gutwiin e Greenberg (2002) observaram que a assistência se revela uma prática bastante comum na comunicação. Frequentemente, participantes de um grupo interrompem suas tarefas para ajudar algum colega e, logo, retornar às suas atribuições. Para providenciar ajuda, faz-se necessário compreender o que cada participante está realizando, quais são seus objetivos, em que ponto eles estão no desenvolvimento de suas tarefas, entre outras informações. Nesse contexto, também é possível destacar o papel importante dos elementos de percepção, uma vez que auxiliam na compreensão do contexto e, assim, na identificação do tipo de assistência necessária.

Conforme demonstrado, o sucesso de tarefas de natureza coletiva apoiadas por computador está diretamente relacionado à capacidade dos participantes em perceber as ações dos outros para, assim, adequar o curso de suas próprias ações. Apesar da percepção se estabelecer como um

propósito secundário, uma vez que o objetivo principal do sistema sempre será o de possibilitar o cumprimento de tarefas. A percepção apresenta-se como um fator decisivo para a viabilização das ações coletivas (GUTWIN; GREENBERG, 1999)(GUTWIN; GREENBERG, 2002) (SALMON et al., 2007) (BARDRAM; HANSEN, 2010) (TALAEI-KHOEI et al., 2011) (XIAO, 2013).

2.1.2. Percepção no espaço de trabalho

Como visto anteriormente, cada participante necessita obter sinais da ação dos outros para oportunizar ações coletivas em sistemas. Elementos de suporte à percepção temporais e espaciais influenciam a execução de tarefas em grupo apoiadas por computador. Conforme Antunes *et al.* (2014), os espaços possuem semânticas que caracterizam o conceito de lugar. Por exemplo, uma sala de reuniões virtual possui convenções, papéis, rituais, entre outros elementos que caracterizam um lugar. Portanto, o lugar pode associar diversas informações de percepção de um espaço físico ou digital para estabelecer um significado concreto para os usuários. Espaços dentro do contexto de CSCW forcene os elementos de percepção do mundo tridimensional que, conseqüentemente, serão úteis para o entendimento do lugar no qual a interação ocorre.

Diversos elementos de percepção relacionados à noção de espaço podem ser utilizados, tais como: (1) informações sobre a localização e a mobilidade dos indivíduos (*location awareness*) (DIX et al., 2000); (2) privilégios, papéis e atividades sociais (*social awareness*) (DOURISH, 2006); (3) topologias e formas de navegação definidas por espaços virtuais (*context awareness*) (MACEACHREN, 2005); (4) interação dentro de espaço de trabalho para realização de uma tarefa (*workspace awareness*) (GUTWIN; GREENBERG, 1999); (5) processos dinâmicos de percepção, de entendimentos de eventos e de realização de ações (*situation awareness*) (ENDSLEY, 1995).

A Figura 1 apresenta um recorte da representação gráfica dos resultados da pesquisa conduzida por Antunes *et al.* (2014), ao sistematizar as diferentes perspectivas para o conceito de percepção no espaço de trabalho. Esse mapa conceitual conduziu a proposição do objeto de estudo desta pesquisa, a noção de percepção no espaço de trabalho (*workspace awareness*), como também, passou a integrar o conjunto das categorias prévias de análise. Segundo Gutwin e Greenberg (1999), a percepção no espaço de trabalho pode ser definida como a capacidade de reconhecer sinais para entender as tarefas que estão sendo realizadas no espaço de trabalho.

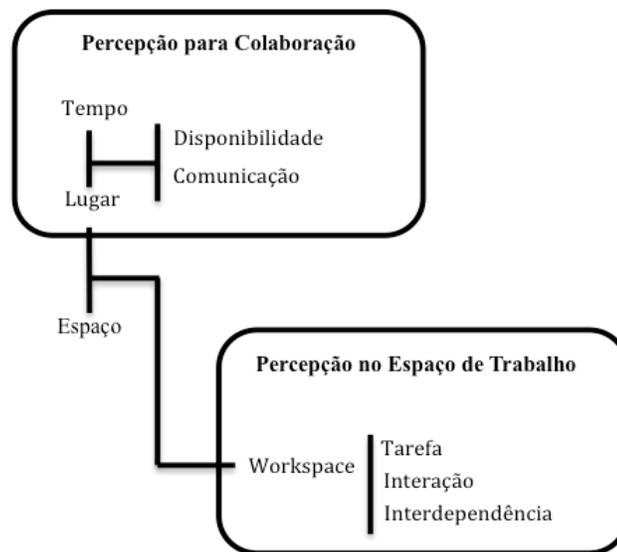


Figura 1 - Conceito de Percepção no Espaço de Trabalho.

Fonte: Adaptado de Antunes *et al.* (2014).

Conforme detalhado na Figura 1, os elementos necessários para viabilizar uma ação coletiva provêm da percepção sobre a **disponibilidade** e a **comunicação** distinguível entre participantes dentro de espaços e tempos compartilhados. A disponibilidade, requisito essencial em sistemas colaborativos, permite identificar o estado de cada participante (*on-line/off-line*) e, também, reconhecer se as pessoas estão em espaços físicos distintos. No âmbito da comunicação, síncrona ou assíncrona, é importante que sejam anunciadas as informações de conectividade, a entrega e/ou o atraso nas mensagens, entre outras ações.

A **tarefa** pode ser percebida por informações que possibilitem a identificação de **quem, o quê, quando e como**, o conjunto de responsabilidades delegadas ao grupo foi realizada. Gutwin e Greenberg (2002) agruparam os elementos de suporte à percepção relacionado com o conceito de tarefa, com questões associadas ao presente e ao passado das ações, conforme representado na Tabela 1.

Tabela 1 - Elementos de percepção relacionados à ideia de tarefa

Presente		
Elemento	Relacionado com	Exemplos de pergunta
Quem	Presença, identidade e autoria	Existe alguém no espaço de trabalho? Quem está participando? Quem fez o que?
O quê	Ação, intenção, artefato	O que estão fazendo? Qual é o objetivo da ação? Em que objeto estão trabalhando?
Onde	Localização, olhar, visão, alcance	No que eles estão trabalhando? Para onde eles estão olhando? Onde eles podem ver? Onde eles podem alcançar?
Passado		
Como	Histórico da ação, histórico do artefato	Como a operação ocorreu? Como o artefato chegou a esse estado?
Quando	Histórico dos eventos	Quando o evento aconteceu?
Quem	Histórico de presença	Quem esteve no ambiente?
O quê	Histórico da ação	O que o participante fez?
Onde	Histórico sobre a localização	Onde o participante esteve?

Fonte: Adaptada de Gutwin e Greenberg (2002).

A **interação**, ou seja, a forma como o grupo atua no espaço de trabalho e as informações necessárias para sustentar suas ações, revela sua importância na condução de uma ação coletiva. Nesse sentido, o *feedback* opera como um recurso de confirmação da ação do usuário no sistema, enquanto o *feedthrough* informa sobre as ações dos outros.

A noção sobre o espaço de trabalho também está implicada com o conceito de **interdependência** percebida pelo grupo. Uma variedade de tipos de interdependência pode ser utilizada em um sistema, como, por exemplo, **controle de acessos** por meio da atribuição de papéis, suporte às **atividades paralelas**, **atividades coordenadas** e **atividades ajustadas mutuamente**.

A Figura 2 ilustra a relevância desses elementos de percepção em um espaço de trabalho bastante difundido, apresentando os recursos de apoio à comunicação utilizados pelo sistema de troca de mensagens WhatsApp: (1) a palavra “*online*” apresentada abaixo do nome do usuário indica a disponibilidade para a interação; (2) a expressão “*digitando...*” exemplifica a possibilidade

de perceber a ação do outro participante, ou seja, uma ação de *feedthrough*; (3) o *double tick* azul sinaliza que a mensagem foi visualizada pelo receptor; (4) o *double tick* cinza confirma a entrega da mensagem ao destinatário; (5) o ícone do relógio informa ao usuário a ausência de conectividade e, por isso, o não envio da mensagem; (6) a representação de um único *tick* cinza informa que a mensagem foi enviada; (7) a alteração de cor no microfone em mensagens de voz, de verde para azul, indica que o outro participante reproduziu o áudio.

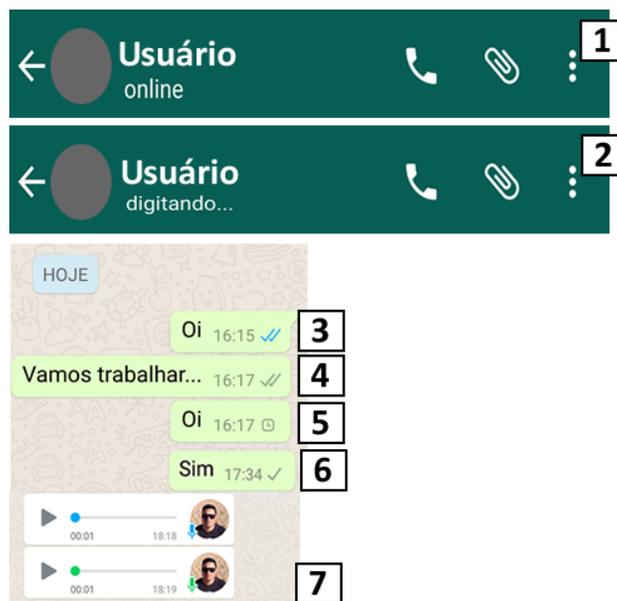


Figura 2 - Ícones de controle de envio, recebimento, visualização e conectividade do WhatsApp.

Demarcadas as ideias que sustentam o conceito o conceito de percepção, as próximas seções discutem formas de implementá-las no contexto das pessoas com deficiência visual.

2.1.3. Representação auditiva de interfaces computacionais

Os elementos de suporte à percepção também podem ser construídos por meio de notificações sonoras. Csapó e Wersényi (2013) conduziram uma revisão bibliográfica para investigar os tipos de sons presentes em interfaces computacionais. Nesta seção, as possibilidades de criação de elementos de suporte à percepção são analisadas por meio das representações sonoras mais comuns em sistemas computacionais.

Os ícones auditivos (GAVER, 1986) são sons que fornecem uma representação para eventos de interfaces computacionais e são construídos a partir de sons existentes no mundo real.

O som de uma máquina de escrever, por exemplo, pode simbolizar o evento de digitação em um teclado. Apesar de terem a duração aparentemente curta de 0,2 a 0,6 segundo, tempo necessário para a identificação semântica do som, os ícones auditivos caracterizam-se pela facilidade de serem reconhecidos. No entanto, o mapeamento semântico do som corre o risco de não ser compreendido considerando-se que pessoas diferentes podem produzir associações distintas. Nesse contexto, dependendo da interpretação pessoal e do ambiente em que o som for utilizado, os ícone auditivos podem produzir sensações estimulantes/excitantes e inclusive desagradáveis (SEEBODE; SCHLEICHER; MÖLLER, 2012).

Earcons (BLATTNER; SUMIKAWA; GREENBERG, 1989) são sons usados para representar os eventos de um dispositivo computacional. Diferente dos ícones auditivos, os *earcons* não possuem nenhum tipo de mapeamento com sons existentes no mundo real, ou seja, os efeitos sonoros são concebidos de maneira abstrata. Esses sons exigem um tempo de aprendizagem, pois o usuário precisa relacioná-los aos eventos. Os *earcons* se caracterizam por serem sons de curta duração, com intervalos de até 0,1 segundo. Uma variação recente para os *earcons* são os *morphocons* (PARSEIHIAN; KATZ, 2012), que de acordo com a preferência do usuário, permitem alterações de propriedades harmônicas e rítmicas de um *earcons*. Os experimentos revelaram indícios de que os *earcons* são menos propensos a causar excitação e efeitos desagradáveis (SEEBODE; SCHLEICHER; MÖLLER, 2012).

Spearcons, criados por Walker, Nance e Lindsay (2006), são sons obtidos por meio da aceleração da fala até um ponto em que não se possa mais reconhecê-la como um discurso, ou seja, uma representação acústica de palavras faladas. O trabalho de Walker demonstrou que os *spearcons* são adequados para a navegação em menus em interfaces baseada em áudio. Ao apresentá-los a pessoas com deficiência visual, Wersényi (2008) concluiu que os *spearcons* tornariam mais acessíveis os ambientes em que forem implementados. Esse mesmo grupo de pesquisadores realizou experimentos envolvendo os parâmetros para a construção do som, como a compressão para obter uma duração abaixo de 0,4 segundo e a frequência de pelo menos 22050 Hz, a fim de evitar ruídos. Os *spearcons* podem ser gerados por intermédio de acelerações de vozes sintetizadas (*text-to-speech*). Porém, quando um *spearcons* gerado por *text-to-speech* expressar sons vocais com carga emocional e sem significado direto com sons da vida real, ele passa a se denominar um *spemoticons* (NÉMETH; OLASZY; CSAPÓ, 2011).

Outro tipo de representação sonora empregada em sistemas são os *spindex* (JEON; WALKER, 2011). Por meio da apresentação de um som acelerado referente às primeiras letras de um item, os *spindex* oferecem a representação de listas longas e ordenadas alfabeticamente. Existem algumas variações dos *spindex*, como os *decreased spindex*, que, por diminuírem o volume dos itens da lista enquanto o usuário realiza a seleção, proporcionam uma referência em relação à posição e ao tamanho da lista.

Emoticons auditivos são uma analogia vocal para os *emoticons*. Trata-se de sons de caráter interjuncional, como “hmmm”, “ooooh”, “oh!”, entre outros, os quais procuram expressar algum tipo de emoção (WERSÉNYI, 2010). Assim como os *emoticons*, os *emoticons* auditivos podem ser utilizados em *e-mails*, bate-papo e programas de mensagens instantâneas, *posts* em fóruns, entre outros sistemas de comunicação. Muitas vezes, esses tipos de vozes são combinados com sons do ambiente para criar um contexto emocional. Eles podem ser comparados aos ícones auditivos, com a diferença de que usam estritamente amostras de voz não verbais para simbolizar uma carga emocional ao invés de utilizar um escopo amplo de sons ambientais.

Com o intuito de fornecer sons para lembretes e notificações, Mcgee-Lennon *et al.* (2011) propuseram os *musicons*. Esses sons são gerados a partir de trechos de peças ou canções conhecidas pelos sujeitos. Por exemplo, o experimento descrito por McLachlan, Mcgee-Lennon, Brewster (2012) solicitou que usuários selecionassem 5 segundos de suas músicas preferidas. Logo, os pesquisadores conceberam *musicons* de 0,2 e 0,5 segundo contendo partes significativas das músicas (refrão, solos, *riffs* e versos principais). Após apresentar os *musicons* para os usuários, foi observada uma taxa de reconhecimento de 69 a 78% para os trechos de 0,2 segundo e de 84 a 94% para *musicons* de 0,5 segundo.

Finalmente, Csapó e Wersényi (2013) enfatizam que aplicações do mundo real demandam diversas considerações sobre questões ligadas ao projeto de uma interface sonora. Portanto, consideram necessário projetar uma combinação desses tipos de sons para se alcançar resultados satisfatórios para os usuários.

2.1.4. Emprego de representação auditiva em sistemas colaborativos

A utilização de sons como forma de materializar a percepção em sistemas colaborativos não é algo novo. Com a preocupação de manter a informação da percepção e, ao mesmo tempo, permitir que as pessoas trabalhem individualmente, Gaver (1991) estudou a utilização de ícones

auditivos no contexto de sistemas colaborativos. Suas hipóteses iniciais eram: (1) uma referência sonora poderia estabelecer uma redundância para a interface visual; (2) o som possuiria a capacidade de transmitir informações sem a utilização da visão.

Gaver (1991) conduziu dois experimentos em sistemas colaborativos para testar suas hipóteses. No primeiro, foi desenvolvido um sistema chamado ARKola, que simulava uma aplicação de monitoramento de um fábrica de refrigerante. A interface do ARKola consistia em um mapa contendo todas as máquinas da linha de produção. A construção do mapa era suficientemente grande para que não coubesse na tela de apenas um usuário, o que ressaltava a necessidade de dois usuários operarem, simultaneamente, o ARKola.

O ARKola propunha aos usuários o desafio de observar o andamento da produção e, caso houvesse algum problema com as máquinas, deveriam agir para restabelecer a produção de refrigerantes. Foram selecionadas oito duplas de videntes para utilizarem o sistema com e sem ícones auditivos. Quatro delas iniciaram pela versão com som, outros quatro pela versão do ARKola sem som. De forma geral, as duplas dividiram a tarefa de monitoramento da linha de produção em duas partes: um indivíduo cuidava das máquinas mais à esquerda e outro se responsabilizava pelos equipamentos à direita. Na versão do ARKola sem os ícones auditivos, as duplas trabalharam de forma mais individual, isto é, cada um monitorava aquilo que lhe competia na linha de produção.

A versão do sistema com ícones auditivos revelou que as duplas apresentavam um outro tipo de comportamento. Quando os sujeitos escutavam a sinalização de um problema, como o som de garrafas quebrando, imediatamente as duplas interagem para tentar solucionar a questão. No estudo com o ARKola, Gaver apontou que quanto existiam sons capazes de transmitir uma melhor informação sobre o evento, as duplas reagiam de forma mais rápida. Apesar do resultado positivo em relação à sinalização sonora, a pesquisa não detalhou quais seriam os sons com maior poder de comunicação do sistema com os usuários. Ainda assim, o primeiro estudo de Gaver evidenciou que a informação sonora foi fundamental para as duplas trabalharem de forma coletiva, visto que, mesmo quando o usuário não via a falha na linha de produção na sua tela, conseguia perceber que estava ocorrendo algum problema e que seu colega podia estar precisando de ajuda.

Outro estudo relatado por Gaver foi o sistema EAR (*Environmental Audio Reminders*), que emite sinais sonoros curtos em um ambiente de escritório para informar sobre a ocorrência de eventos e lembrar as pessoas que ali trabalham sobre acontecimentos futuros. Esse sistema

deslocou os ícones auditivos para fora das estações de trabalho, de modo que o próprio ambiente também passou a compor a interface. Dessa forma, Gaver utilizou o som para facilitar a colaboração dentro de sistemas e, como também, no espaço físico do escritório. As reuniões, por exemplo, eram sinalizadas pelo som de vozes murmurantes crescendo lentamente e terminando com batidas de um martelo.

O sistema EAR utiliza uma série de pistas auditivas para indicar eventos no ambiente eletrônico. Por exemplo, a chegada do *e-mail* pode ser acompanhada pelo som de vários pedaços de papel que caem sobre uma superfície. Apesar da pesquisa de Gaver não possuir dados sobre experimentos realizados com o EAR, indicou que o sistema se encontrava em evolução. Durante o seu uso, alguns ícones auditivos tiveram de ser alterados por serem percebidos pelos usuários como sendo excessivamente irritantes. O resultado das investigações de Gaver sobre o impacto emocional dos ícones auditivos foi ratificado por Seebode, Schleicher e Möller (2012), ao demonstraram a tendência dos ícones auditivos causarem um desconforto aos usuários. No entanto, Gaver apresenta indícios de que os ícones auditivos implementados no sistema ARKola e EAR auxiliam na transição entre o trabalho colaborativo e individual, porém, devem ser utilizados levando-se em conta os impactos emocionais.

Outra importante contribuição de Gaver foi a constatação de que nem todos os eventos podiam ser escutados, corroborando com as afirmações de Sanchez e Baloian (2006), os quais identificou a dificuldade de disponibilizar elementos sonoros por causa de pelo menos três motivos: (1) **oportunidade**: a informação em áudio pode não ser percebida quando o participante estiver concentrado em outra ação, desconsiderando a oportunidade de uso desse evento sonoro; (2) **lembrança**: a informação em áudio pode não ser recordada, uma vez que possui uma natureza volátil; (3) **validade**: se a informação em áudio for oportuna e posteriormente lembrada, sua validade pode ser perdida graças às mudanças de estado da aplicação.

Outro estudo realizado por Metatla (2016) envolveu dezesseis duplas de videntes em uma aplicação que permitia a construção colaborativa de diagramas de Entidades e Relacionamentos (ER), comuns na modelagem de banco de dados computacionais. O objetivo da pesquisa de Metatla era examinar os efeitos de se transmitir o som por meio de fones de ouvido e de alto-falantes na percepção das duplas. Toda a interação com o sistema foi realizada por uma interface de áudio, com as duplas sentadas em uma mesa que possuía um quadro opaco no centro, impedindo os participantes de se enxergarem. Cada dupla tinha que completar dois diagramas ER a partir de um

já carregado no sistema. Apenas um dos diagramas podia ser editado com o áudio compartilhado, isto é, além do usuário conseguir escutar o áudio da sua ação, era possível ouvir o som produzido por seu colega. Uma informação textual sobre como os diagramas deveriam ser completados foi entregue para cada participante. O protocolo de investigação permitia estabelecer um diálogo a fim de se compreender as correções necessárias aos diagramas. Não existia um tempo limite para completar os dois diagramas.

Aplicando um modelo de percepção adaptado de Gutwin e Greenberg (2002) apresentado na Tabela 1, Metatla observou as informações de percepção trocadas durante a conversa entre os participantes: a noção de localização (“Onde estou?”, “Onde você está?”), ações no presente (“Estou fazendo”, “Onde você está fazendo?”), ações passadas (“Eu fiz”, “O que você fez?”), intenções futuras (“Vou fazer”, “O que você fará?”) e términos (“Fim”, “Você terminou?”). Depois de transcrever as falas dos sujeitos, Metatla utilizou o teste de Wilcoxon com a correção de Bonferroni para demonstrar que as duplas trocaram muito mais informações para a realização da tarefa proposta quando não utilizaram o áudio compartilhado. A grande maioria das duplas utilizou um estilo de trabalho paralelo, individualizado, em situações nas quais não era possível partilhar o áudio. No ambiente com áudio compartilhado, metade das duplas trabalhava de forma sequencial e, a outra metade, adotava um estilo mais paralelo de trabalho.

Metatla constatou que as duplas com estilo de trabalho sequencial dialogaram muito mais, evidenciando que a informação de percepção é essencial a um estilo de trabalho mais colaborativo. Os resultados de Metatla revelaram o impacto da variação das formas de entrega de áudio em um espaço de trabalho em relação o intercâmbio de informações e, conseqüentemente, sobre o estilo de trabalho entre as duplas.

Em continuidade à construção do referencial teórico, a próxima seção abordará o segundo conceito central desta pesquisa, a cooperação. Nesse sentido, problematiza-se os conceitos de cooperação e colaboração e sua relação com a abordagem da Aprendizagem Cooperativa, aporte conceitual que será aplicado especialmente na concepção dos requisitos funcionais que modelaram o segundo cenário tecnológico concebido como campo de análise desta pesquisa.

2.2. COOPERAÇÃO

As próximas seções deste referencial teórico abordam tópicos que tratam do conceito de cooperação. Dessa forma, são desenvolvidos assuntos como a distinção entre os conceitos de colaboração e cooperação, reflexões sobre Aprendizagem Cooperativa, ilustrada com a prática do Círculo de Escritores. Finaliza-se a seção com a discussão sobre requisitos para o desenvolvimento de sistemas que apoiem atividades cooperativas, bem como, uma métrica para avaliar atividades colaborativas em ambientes *on-line*.

2.2.1. Colaboração e cooperação

Para desenvolver um sistema Web de escrita síncrona e cooperativa que seja acessível às pessoas com deficiência visual, inicialmente se faz necessário delimitar o conceito de cooperação. Piaget (1973) aponta para a diferença entre colaboração e cooperação. Para o cognitivista, a colaboração se configura como a interação na qual trocas de pensamento são efetivadas por meio da comunicação e da coordenação de pontos de vista. Ela otimiza e impulsiona a etapa das trocas sociais anterior à cooperação.

A cooperação se alicerça no conceito de interação, uma ação que ocorre por meio de operações racionais, as quais, para se realizarem, exigem a formação de vínculos e a reciprocidade afetiva entre os sujeitos no processo de aprendizagem. A construção do conhecimento em ações de cooperação ocorre pela formação de sistemas de interação, em que a estrutura operatória modifica o indivíduo e o grupo em sua totalidade.

Para que a ação de cooperação se concretize, dois conceitos devem ser observados: (1) a **interação**, processo estruturado pelo respeito mútuo, pela reciprocidade e pela autonomia entre os participantes; (2) a **interdependência**, resultado da imbricada relação dos sujeitos conhecedores com o objeto a conhecer. Destaca-se que a positividade da aplicação desses dois conceitos deve gestar a cooperação, de forma que todos os participantes possam efetivamente atuar e realizar com êxito as propostas estabelecidas pelo/para o grupo de participantes. Portanto, a interação e a interdependência são fatores fundamentais em projetos de atividades cooperativas.

Uma vez esclarecida a concepção de cooperação a partir da perspectiva de Piaget (1973), a próxima seção aborda uma teoria pedagógica que visa a cooperação chamada Aprendizagem Cooperativa.

2.2.2. Aprendizagem Cooperativa

Nas salas de aula, os professores podem, pelo menos, promover três formas de organização e de gestão de grupo para propiciar: tarefas competitivas; atividades individuais ou para viabilizar práticas de grupos cooperativos. Em situações competitivas, existe uma interdependência negativa entre estudantes, pois os objetivos educacionais de um estudante podem ser alcançados se as metas de outro não forem atingidas. Em contextos competitivos é possível observar que parte dos estudantes se esforçam para atingir um objetivo, mas outros desistem da tarefa por acreditarem ser incapazes de alcançar a vitória. Em cenários que privilegiam atividades individuais, as metas dos estudantes são independentes, isto é, nesse tipo de situação o sucesso de um estudante não leva o colega a atingir algum objetivo educacional. Por outro lado, em condições cooperativas, os estudantes são colocados em pequenos grupos com propósitos compartilhados, o que origina uma interdependência positiva entre os objetivos dos membros de um grupo. Nesse contexto, os estudantes percebem a possibilidade de se responder às propostas educacionais se e somente se todos atingirem as metas estabelecidas (JOHNSON; JOHNSON; HOLUBEC, 1984).

De acordo com as pesquisas de Cohen (2017), o trabalho em grupo se apresenta como uma técnica interessante para o processo de aprendizagem intelectual e social. Ele também se revela pertinente para o aprendizado conceitual, a resolução criativa de problemas e o desenvolvimento de proficiência em linguagens. Além disso, o trabalho em grupo é capaz de melhorar relações sociais, aumentar a confiança e a cordialidade, características essas que podem ser transferidas para muitas situações, sejam elas do âmbito escolar ou não. No entanto, existe uma diferença crucial entre o trabalho coletivo e as ações cooperativas entre os integrantes de um grupo.

Em uma atividade cooperativa, os estudantes não podem ser agrupados de uma maneira em que os integrantes de um grupo possuam tarefas sem relação com as atividades dos colegas. Se alguém terminar primeiro a tarefa, deve assumir um perfil de mediador, isto é, ocupar a função de par educativo, conforme proposto por Vygotsky (2007). Atividades cooperativas também não se concretizam quando um estudante realiza todo o trabalho e atribui o desenvolvimento da tarefa aos demais.

Para a teoria da Aprendizagem Cooperativa (JOHNSON; JOHNSON; HOLUBEC, 1984) um grupo se caracteriza principalmente pela estruturação da interdependência positiva e pela interação entre os membros de um grupo. Tais elementos oportunizam trocas efetivas de conhecimento.

Existem quatro elementos básicos que caracterizam um grupo na perspectiva da Aprendizagem Cooperativa: (1) **interdependência positiva**, que se realiza por meio da divisão dos objetivos e das tarefas de trabalho, do compartilhamento de materiais, recursos, informações, e por meio da atribuição de papéis aos membros da equipe; (2) **interação**, que proporcionará à interdependência e o compartilhamento de ações e de saberes entre os integrantes do grupo; (3) **responsabilidade individual**, a qual impulsiona a Aprendizagem Cooperativa e descreve o processo de construção do conhecimento efetuado individualmente; (4) **habilidades interpessoais**, que resultam da necessidade dos estudantes adquirirem aptidões pessoais para a participação em atividades em grupo.

Os professores devem observar diversos aspectos para cumprir esses quatro requisitos básicos e instituir, de forma satisfatória, a realização de uma atividade de Aprendizagem Cooperativa. O professor pode, por exemplo, especificar o objetivo da atividade, estabelecer os critérios para a composição dos grupos quanto ao tamanho e à forma de agrupamento (homogêneo ou heterogêneo), elencar papéis que delimitam a responsabilidade de cada participante para a concretização da atividade, elaborar cuidadosamente os materiais e os recursos que serão compartilhados, monitorar o desenvolvimento do trabalho do grupo, prover assistência à tarefa, proporcionar ações que conduzam à interdependência positiva e à interação, estabelecer parâmetros e métricas para avaliar a qualidade do trabalho realizado e analisar o funcionamento da equipe (JOHNSON; JOHNSON; HOLUBEC, 1984).

Conforme visto anteriormente, uma ação de Aprendizagem Cooperativa exige que o professor cumpra com um grande conjunto de tarefas que, dependendo do número de estudantes, pode inviabilizar práticas dessa natureza. Portanto, sistemas computacionais que auxiliem professores a desenvolver esse tipo de ação pedagógica são capazes de operar como interfaces para a concretização dessa concepção de aprendizagem. A próxima seção apresenta uma prática pedagógica capaz de ilustrar o funcionamento de uma ação de Aprendizagem Cooperativa.

2.2.3. O Círculo de Escritores: uma prática de Aprendizagem Cooperativa

O Círculo de Escritores (*Circle of Writers — Take Turns*) consiste em formar um grupo no qual cada estudante realiza uma contribuição e encaminha seu texto para outra pessoa do grupo, normalmente algum colega à sua esquerda ou à sua direita. Esse movimento circular de contribuições termina depois de todos participarem, conforme ilustra a Figura 3.

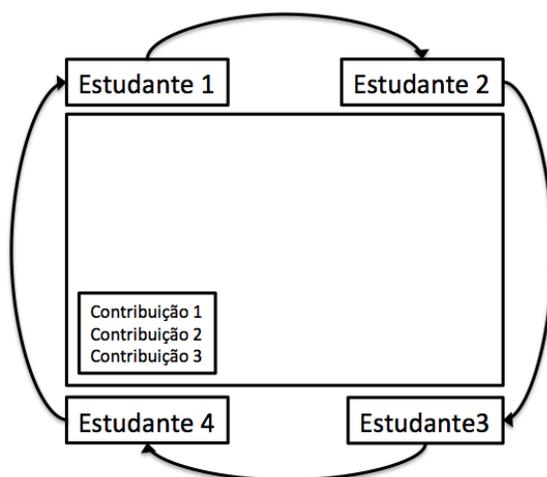


Figura 3 - Círculo de Escritores: momento da contribuição do Estudante 4.

Nessa prática, alcançam-se a interdependência e a interação por meio do ciclo da atividade, que não pode ser terminada sem que todos participem. O Círculo de Escritores revela-se como uma prática de Aprendizagem Cooperativa simples e versátil. Existem exemplos de sua aplicação no ensino de línguas, matemática, ciências, entre tantas outras áreas do conhecimento. No ensino de línguas, além de apoiar a elaboração de histórias, o Círculo de Escritores permite a cada estudante contribuir com a organização de adjetivos para objetos, verbos para ações, etc. Conforme destaca Cazden (2001), ambientes para a resolução de problemas e para a condução de tarefa interdependentes se mostram ideais para aprendizagem de uma língua, pois os estudantes podem manipular objetos reais e ainda comentá-los.

Em matemática, os estudantes podem ser desafiados a resolverem problemas de forma cooperativa, como na resolução de questões em que cada integrante do grupo contribui com uma etapa da solução. Em ciências, o Círculo de Escritores pode ser usado para que o grupo elabore, por exemplo, ciclos de vida de insetos com a participação de todos.

As próximas duas seções discutem sobre os requisitos funcionais para o desenvolvimento de sistemas que apoiem ações cooperativas.

2.2.4. Modelo de desenvolvimento de grupos

A construção de sistemas que apoiem atividades cooperativas deve ser fundamentada em requisitos funcionais que promovam a interação e a interdependência positiva (HOOPER, 1992). Compreender os movimentos de um grupo em ação cooperativa configura-se como uma maneira

de organizar e também capturar requisitos funcionais de sistemas que visam apoiar esse tipo de prática pedagógica. Assim, com o objetivo de compreender o funcionamento de um grupo, inicialmente o modelo descrito por Tuckman e Jensen (1977) forneceu uma teoria sobre as etapas de desenvolvimento de grupos orientados por uma tarefa. Esse modelo possui cinco estágios que são percorridos por qualquer grupo de trabalho ao longo da sua trajetória, são eles: formação, confrontação, normatização, atuação e dissolução. A Figura 4 representa o processo de desenvolvimento de grupos delineado por Tuckman e Jensen.

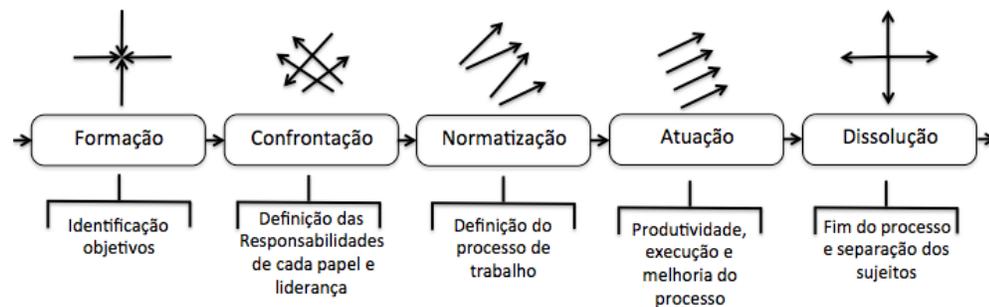


Figura 4 - Modelo de desenvolvimento de grupos descrito por Tuckman e Jensen

Fonte: Adaptado de Pimental e Fuks (2011).

Como o nome sugere, a constituição de um grupo ocorre na etapa de formação. Nesse estágio, os sujeitos tendem a evitar conflitos para viabilizar a composição do grupo. Compartilhar objetivos e identificar-se uns com os outros mostra-se essencial para alinhar pessoas para a composição de uma equipe.

Uma vez estabelecido, o grupo passa para a etapa de confrontação, momento no qual ocorrem de forma mais eloquente os conflitos. Em função das habilidades de cada sujeito, o período da confrontação se caracteriza pela definição de papéis, responsabilidades individuais e também definição da liderança do grupo.

A terceira etapa, chamada de normatização, qualifica-se pela definição de um processo de trabalho. Trata-se de um estágio menos conflituoso, pois os integrantes do grupo reconhecem as capacidades individuais uns dos outros. A ação do líder nesse estágio se revela como primordial para orientar sobre a forma de trabalho de cada participante de acordo com os objetivos e papéis anteriormente definidos.

A etapa de atuação, desenha-se como um momento marcado pela produtividade. Trata-se de uma etapa menos conflituosa, pois o grupo já havia estabelecido objetivos, papéis,

responsabilidades e o processo de trabalho. Nessa fase, a identidade do grupo está definida e existe uma sensação de lealdade entre os membros, o que viabiliza a constituição de novos acordos em função das necessidades impostas ao longo do desenvolvimento do trabalho.

Finalmente, a etapa de dissolução marca o fim do processo. Um grupo pode se dissolver devido à conclusão da tarefa ou pela desistência de cumprir um objetivo inicialmente estabelecido. Esse momento é marcado pelo reconhecimento do que foi feito, pelo término dos compromissos e pela separação dos sujeitos.

O modelo de desenvolvimento Tuckman e Jensen (1977), fornece indícios sobre a dinâmica de funcionamento de um grupo desde a formação até sua dissolução. O entendimento desse movimento auxilia na organização de requisitos funcionais para o desenvolvimento de sistemas que permitam ações cooperativas efetivas. Na Aprendizagem Cooperativa prover assistência para execução da tarefa representa uma ação pedagógica importante, por isso na implementação de sistemas deve ser observado como um requisito funcional relacionado com a etapa de atuação de um grupo.

2.2.5. Requisitos para o apoio de ações cooperativas em sistemas

Johnson, Johnson e Holubec (1984) descrevem dezoito pontos para implementar Aprendizagem Cooperativa numa sala de aula. Na expectativa de compreender a dinâmica de um grupo em ação cooperativa e, conseqüentemente, identificar requisitos funcionais para a implementação de um sistema que fomente práticas cooperativas, cada um dos dezoito pontos de Johnson, Johnson e Holubec foi atribuído a um dos estágios do modelo de Tuckman e Jensen (1977).

Entretanto, foi observado que existia uma necessidade de repensar o modelo de Tuckman e Jensen para contemplar aspectos relacionados ao planejamento e à avaliação da atividade pedagógica. Além disso, com o objetivo de diluir a ideia de enfrentamento, o estágio de confrontação do modelo de Tuckman e Jensen foi renomeado para negociação. A fim de contemplar essas alterações foi preciso redesenhar o modelo anterior, traçando um movimento em espiral para expressar a ideia de qualificação do processo de desenvolvimento de um grupo na concretização de uma tarefa. Nesse sentido, por exemplo, ao se deparar com um obstáculo os integrantes do grupo podem decidir reestabelecer novos papéis, o que condiciona, muitas vezes, voltar para etapas anteriores, conforme ilustra a Figura 5.

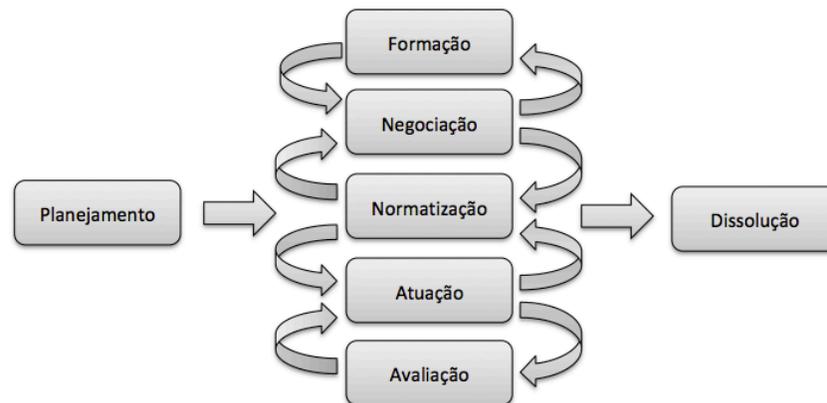


Figura 5 - Modelo de desenvolvimento de grupos em ação cooperativa

Esse movimento de organização dos pontos descritos por Johnson, Johnson e Holubec em um modelo atualizado se configura como uma ferramenta para identificar os requisitos básicos de um sistema de apoio à cooperação. Organizados dentro do novo modelo, as próximas subseções discutem os pontos da implementação de Aprendizagem Cooperativa que foram identificados como requisitos em sistemas que planejam fomentar atividades de natureza cooperativa.

2.2.5.1. Planejamento da atividade

O projeto de um sistema que apoie ações cooperativas deve, inicialmente, prover funcionalidades que alicercem o **planejamento** das atividades. O estágio de planejamento implica: (1) na definição dos objetivos comportamentais, da tarefa e do sistema de avaliação; (2) na promoção de estratégias que impulsionem a interação e interdependência; (3) na concepção nos critérios de agrupamentos dos participantes e na determinação da forma de comunicação apropriada entre os interagentes (JOHNSON; JOHNSON; HOLUBEC, 1984).

Para apoiar uma atividade de cooperação, primeiramente, os objetivos acadêmicos e as habilidades colaborativas devem ser delineados, para, posteriormente, apresentar essas informações aos participantes do grupo. Portanto, o registo e a efetiva divulgação dos objetivos se configuram como um requisito essencial em um projeto de sistema de apoio à cooperação.

O principal propósito de uma ação pedagógica está na construção de conhecimentos e na melhoria da performance de cada participante. Como qualquer prática pedagógica, ações cooperativas também preconizam a verificação do nível de desempenho de cada integrante de um grupo. O desenho de um sistema cooperativo deve considerar que na etapa de planejamento ocorra

a demarcação dos instrumentos e dos objetivos da avaliação, somativa e/ou formativa. Por exemplo, um sistema que considere o uso de rubricas como instrumento para a análise do processo de aprendizagem, tem como objetivo uma avaliação formativa. Neste caso, as rubricas poderão ser utilizadas desde a etapa de negociação até a dissolução do grupo, ou seja, em diferentes estágios de desenvolvimento de uma equipe. Vários tipos de ferramentas tradicionais como, base de dados para questionários, fóruns, lições, tarefas, histórico de ações, podem ser pensadas para contabilizar a participação individual de cada integrante de um grupo em cooperação, compondo estratégias de avaliação somativas e/ou formativas.

Os grupos na teoria de Aprendizagem Cooperativa tendem a ser pequenos, normalmente de dois até seis participantes. Grupos grandes carregam uma maior quantidade de conhecimento por parte de seus membros, porém, são mais difíceis de coordenar, alcançar consenso, manter os membros na tarefa e dar voz para todos os participantes. Deste modo, grupos pequenos se mostram mais efetivos uma vez que se organizam de uma forma mais fácil, operam mais rapidamente e reservam mais tempo para a participação de cada integrante.

Na composição do grupo o perfil dos participantes apresenta-se como um item importante a ser considerado. Grupos homogêneos podem ser utilizados para atingir objetivos específicos, entretanto, grupos contendo estudantes com níveis diferentes de conhecimento são normalmente utilizados neste tipo de prática pedagógica. Escolher os sujeitos para a composição de grupos implica em decidir entre grupos homogêneos ou heterogêneos. Portanto, podem ser pensadas funcionalidades em sistemas para permitir a configuração de grupos com tamanho variados e que auxiliem na definição do perfil dos integrantes, traçando algoritmos que concebam grupos baseados na performance dos participantes em ações passadas.

Uma das maneiras mais conhecidas de se estimular a interdependência positiva está na construção um artefato coletivo. A dinâmica para a concepção de artefatos irá influenciar diretamente no projeto de um sistema cooperativo uma vez ações síncronas e/ou assíncronas podem ser requeridas para essa construção. Os materiais instrucionais também podem auxiliar a promover a interação e interdependência, pois, distribuir parte do material para cada membro pode oportunizar um diálogo para a obtenção da informação completa. Elencar papéis também se apresenta como uma das formas tradicionais para se garantir a interdependência entre os membros de um grupo. Finalmente, o estabelecimento de um fluxo de trabalho recíproco entre participantes

da equipe impulsiona a interdependência (VAN DE VEN; DELBECQ; KOENIG JR., 1976), refletindo, neste caso, no estágio de normatização.

Da mesma forma que organizar uma sala de aula para realização de uma atividade cooperativa transmite uma mensagem simbólica sobre o comportamento apropriado dos membros de um grupo, designar recursos por meio de ferramentas de comunicação apropriadas também indica uma conduta que deve ser alcançada. O projeto de um sistema cooperativo deve prever ferramentas para que as informações possam fluir durante as diversas etapas do trabalho. Estágios diferentes podem demandar formas de interlocução distintas. Por exemplo, a etapa de formação pode requerer uma comunicação assíncrona, enquanto a fase de atuação necessitar de diálogos síncronos.

Portanto, o estágio de planejamento de uma ação cooperativa pode ser apoiado por diversas funcionalidades em um sistema, tais como: formulários para descrever os objetivos comportamentais e da lição, ferramentas que possibilitem a configuração da forma de avaliação, recursos para distribuição adequada dos materiais instrucionais, funções para a atribuição de papéis, funcionalidades para configurar o tamanho e a composição dos grupos e ferramentas que auxiliem a comunicação entre os sujeitos nas diferentes etapas de desenvolvimento do grupo.

2.2.5.2. Formação

A fase de **formação** configura-se como o momento de constituição do grupo e de entendimento dos objetivos comportamentais, da tarefa e dos critérios de sucesso. Pensando em um projeto de um sistema cooperativo, a fase de formação oportuniza que sejam utilizados alguns recursos computacionais projetados no estágio de planejamento. Inicialmente, o sistema cooperativo pode prover auxílio quanto às questões de tamanho e composição das equipes. Logo, uma forma de comunicação inicial pode ser estabelecida com os participantes por meio das funcionalidades do sistema. As informações sobre a tarefa, os objetivos e os critérios de sucesso, entre outros, devem ser garantidos nesta fase por meio do sistema. Os recursos de distribuição de materiais instrucionais podem ser usados para introduzir os processos de interação e interdependência. Uma vez formado, o grupo passa para três fases que tendem a gerar uma maior agitação entre os participantes de um grupo em ação cooperativa.

2.2.5.3. Negociação, Normatização e Atuação

As fases de **negociação**, **normatização** e **atuação** se apresentam como as fases de maior movimentação para os integrantes de um grupo cooperativo. A etapa de negociação caracteriza-se como um momento de definição de liderança, responsabilidades individuais e demarcação de papéis entre os sujeitos. Neste sentido, um sistema pode, por exemplo, permitir uma atribuição de papéis que foram previamente fixados no estágio de planejamento. A etapa de normatização caracteriza-se pela definição dos fluxos de trabalho que podem ou não estar pré-estabelecidos pelo sistema. Por fim, o estágio atuação se desenha como um período marcado pela produtividade.

Existem ferramentas computacionais que podem ser comuns nestas três etapas, como por exemplo, os recursos de comunicação escolhidos. Muitas vezes, os grupos necessitarão de assistência, seja para clarificar instruções, rever estratégias e procedimentos, responder as perguntas ou ensinar as habilidades requeridas. Dependendo do tipo de tarefa pode ser necessário disponibilizar um conjunto de ferramentas de comunicação síncronas ou/e assíncronas.

Para efetivar uma prática pedagógica, ações de monitoramento das atividades devem ser previstas. A utilização de rubricas em um sistema pode fornecer *feedback* sobre o grau de desenvolvimento do grupo frente a uma tarefa e assim auxiliar em questões relativas à auto-regulação (BENDER, 2014). Em outras situações, pode existir a necessidade de contabilizar o desenvolvimento do grupo por meio do histórico das atividades ou de mensagens trocadas. Usualmente, funcionalidade do sistema devem permitir *feedbacks* para o professor, informando se os participantes entenderam a tarefa, se estão praticando algum tipo de comportamento específico, se conseguiram estabelecer responsabilidades individuais, se estão trabalhando em direção aos critérios de sucesso, entre outros. Além disso, existem ocasiões em que constatar se comportamentos apropriados estão sendo utilizados, como por exemplo, se os integrantes contribuem com ideias, realizam questionamentos, fornecem assistência, expressam sentimentos, são fundamentais.

Finalmente, um sistema cooperativo pode prever funcionalidades que permitam intervenções. Durante o monitoramento, muitas vezes se percebe participantes sem habilidades ou grupos com problemas de colaboração. Assim, ferramentas para intervenção podem ser pensadas para promover a aprendizagem de novas habilidades. Para minimizar a ação de sujeitos que dominam a realização de uma atividade, pode ser empregado um sistema de fichas para garantir um número de participações igualitárias entre os membros de um grupo cooperativo.

2.2.5.4. Avaliação

A etapa de **avaliação** de uma ação cooperativa visa prover um fechamento para a lição e, também, averiguar a conclusão do trabalho. Inicialmente, pode ser necessário resumir os principais tópicos, solicitar que os grupos relembrem ideias ou forneçam exemplos sobre a atividade realizada. Retomar dúvidas que emergiram durante o período da realização da atividade é fundamental. Dessa forma, diversas funcionalidades para fechamento da lição podem ser projetadas, como por exemplo, atribuição de novos materiais didáticos e exercícios ou até mesmo solicitar o envio de resumos, de fichas técnicas, entre outros.

Os estudantes necessitam ser avaliados por um conjunto de critérios previamente estabelecido na etapa de planejamento. Além disso, é essencial fornecer um *feedback* para os membros de um grupo na etapa de avaliação. O produto de uma atividade cooperativa pode ser um artefato, um conjunto de respostas que seja um consenso na equipe, a construção de um conceito, entre outros. Novamente, recursos como questionários, rubricas e históricos se configuram como elementos a serem considerados por um sistema para favorecer atividades de cooperação.

2.2.5.5. Dissolução

A etapa de **dissolução** marca o fim do processo de cooperação. A ênfase nesse momento é a manutenção do trabalho em grupo, ou seja, as contribuições dos membros para a aprendizagem dos outros e a manutenção relações de trabalhos efetivas entre os participantes. Normalmente são realizados comentários para mostrar o trabalho realizado e também apresentar os pontos que podem ser melhorados. Assim, espaços computacionais similares a fóruns e *timelines* podem ser úteis para apoiar a etapa de dissolução.

Conforme apresentado, cada etapa de desenvolvimento de um grupo cooperativo deve ser apoiada por um conjunto de funcionalidades em sistemas que promovam ações cooperativas. A Tabela 2 apresenta um resumo de requisitos funcionais discutidos para cada estágio e que podem ser considerados no momento da implementação de um sistema que vise a promoção de atividades de natureza cooperativa.

Tabela 2 - Requisitos funcionais para sistemas cooperativos com proposito educacional

Planejamento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Funcionalidades para descrição dos objetivos comportamentais e da tarefa; 2. Ferramentas para configurar o sistema de avaliação para cada etapa da formação do grupo cooperativo - pode existir mais de uma opção de avaliação disponível para cada etapa; 3. Ferramenta para construção de um fluxo de trabalho para a tarefa cooperativa; 4. Recursos para configurar a distribuição dos materiais; 5. Funções para definição e atribuição de papéis; 6. Funcionalidades para configurar o tamanho e a composição dos grupos; 7. Ferramentas para escolha sobre a forma de comunicação entre participantes - podem existir diferentes formas de comunicação para cada etapa;
Formação	<ol style="list-style-type: none"> 1. Funções para liberar as informações sobre objetivos comportamentais, da tarefa e os critérios de sucesso; 2. Ferramentas para empregar uma forma de comunicação inicial com os participantes de um grupo; 3. Recursos que formem os grupos e que considerem o tamanho e a composição desejada para os grupos; 4. Ferramentas para a distribuição dos materiais instrucionais;
Negociação, Normatização e Atuação	<ol style="list-style-type: none"> 1. Empregar recursos de comunicação síncrona e/ou assíncrona entre os participantes e para também prover assistência para a realização da tarefa; 2. Funcionalidades que permitam a atribuição de papéis que podem ou não estarem definidos na etapa planejamento - requisito proveniente da fase de negociação; 3. Ferramenta para construção de um fluxo de trabalho para realização da tarefa cooperativa caso não esteja definida durante a fase de planejamento - requisito proveniente da fase de normatização; 4. Funcionalidades para monitoramento, assistência e intervenção aos grupos em ação cooperativa, como por exemplo, sistema de rubricas e histórico das atividades, entre outros;
Avaliação	<ol style="list-style-type: none"> 1. Funcionalidades para fechamento da lição, por exemplo, atribuição de novos materiais, exercícios, solicitação de resumos, entre outros; 2. Empregar uma forma de avaliação e <i>feedback</i>, como por exemplo, avaliação de artefato, questionários, rubricas e histórico, entre outros.
Dissolução	<ol style="list-style-type: none"> 1. Funcionalidades para promover a discussão sobre o trabalho realizado e os pontos que podem ser melhorados

Do planejamento até a dissolução, um sistema deve agregar diversas funcionalidades que viabilizem a cooperação. Com o objetivo de compreender a atuação de pessoas em sistemas de natureza cooperativa, a próxima seção apresenta uma métrica que inicialmente foi pensada para avaliar atividades colaborativas em Wikis.

2.2.6. Métrica para avaliar atividades colaborativas em sistemas de Wikis *on-line*

Uma questão que merece atenção é a avaliação das atividades colaborativas em sistemas educacionais *on-line*. Para compreender se a atividade proporcionou colaboração e/ou cooperação, faz-se necessário o uso de categorias que permitam identificar os traços da ação coletiva para uma futura análise.

Pensando nisso, Jimoyiannis e Roussinos (2017) propuseram uma estrutura de análise que indica um caminho para investigar as contribuições de estudantes em Wikis. O esquema de Jimoyiannis e Roussinos possui diferentes categorias para avaliar duas dimensões, a primeira relacionada ao conteúdo elaborado e a segunda referente a interações e reflexões.

A dimensão que avalia o conteúdo elaborado pelos estudantes está estruturada em um esquema que contabiliza cinco elementos: (1) criação de uma nova página, (2) expansão de conteúdo, (3) reorganização de conteúdo, (4) enriquecimento de conteúdo (por meio da adição de vídeos, imagens ou *hyperlinks*) e (5) correções.

Por outro lado, as categorias de análise ligadas às interações e às reflexões dos sujeitos foram concebidas a partir do Modelo de Comunidade de Investigação (GARRISON; ANDERSON; ARCHER, 1999), uma ferramenta teórica que auxilia a descrever a experiência coletiva. O modelo de comunidade de investigação baseia-se em três perspectivas: (1) presença social, (2) presença cognitiva e (3) presença do professor, conforme apresenta a Tabela 3.

Tabela 3 - Estrutura da análise de contribuição dos sujeitos

Dimensão	Elementos	Categorias
Contribuição de conteúdo	Criar uma nova página	Criar uma página nova
	Expandir o conteúdo	Ampliar ideias
		Acrescentar ideias ou elaborar sínteses
	Reorganizar o conteúdo	Excluir conteúdo
		Mover conteúdo na mesma página
		Mover conteúdo para outra página
Enriquecer conteúdo	Adicionar imagens ou vídeos	
	Adicionar <i>hyperlinks</i>	
Corrigir conteúdo	Ratificar grafia	
	Ajustar formatação	

Interação e reflexão	Presença Social	Comunicação aberta Expressões emocionais Coesão do grupo
	Presença Cognitiva	Gatilho Exploração Interação Resolução
	Presença do Professor	Gerenciamento instrucional Construir entendimento Instrução direta

Fonte: Adaptada de Jimoyiannis e Roussinos (2017).

O conceito de **presença social**, compreendido como a capacidade de transmitir sinais sociais, subdivide-se em três categorias: comunicação aberta, expressões emocionais e coesão do grupo.

A **comunicação aberta** pode ser entendida como trocas recíprocas e respeitosas, como a **percepção mútua** e o **reconhecimento** das contribuições de cada participante. A percepção mútua se inicia com a evidência de que os outros estão presentes e respondendo respeitosamente aos comentários e às contribuições dos demais. O reconhecimento é o processo que alimenta o desenvolvimento e a manutenção das relações de troca.

As **emoções**, por sua vez, estão diretamente relacionadas à motivação e à persistência na realização das tarefas. Além disso, o suporte socioemocional dos colegas torna viável o pensamento crítico (GARRISON, 1991). Expressões emocionais são conhecidas pela habilidade de expressar sentimentos ligados à experiência educacional. Nesse sentido, o humor e a autorrevelação são dois exemplos de expressões emocionais que facilitam a conexão social entre pessoas.

O terceiro indicador de presença social compreende o conceito de **coesão** do grupo. Essa categoria pode ser exemplificada por atividades que constroem e sustentam um senso de comprometimento do grupo e são descritas como uma comunicação colaborativa capaz de incentivar a participação e a empatia.

A **presença cognitiva** em uma atividade *on-line* pode ser entendida no contexto do modelo de pensamento crítico (GARRISON, 1991). Entende-se como pensamento crítico um processo que compreende diversas fases e é impulsionado por um evento. Esse modelo pressupõe uma relação interativa e recíproca entre os mundos pessoal e compartilhado. O pensamento crítico não se constitui um processo reflexivo, individualizado. De acordo com Garrison, Anderson e Archer (1999), a presença cognitiva está baseada no modelo de pensamento crítico e apresenta quatro categorias de análise: gatilho, exploração, integração e resolução.

O **gatilho** é um estado de dissonância resultante de uma experiência, como um evento ou acontecimento desencadeante. A **exploração** se caracteriza por um momento de busca de informação, conhecimento e alternativas que possam ajudar a entender uma situação. A **integração** pode ser entendida como um momento em que as informações são recolhidas a fim de constituírem uma ideia ou um conceito coerente. A **resolução**, por sua vez, é a aplicação de uma ideia ou de uma hipótese.

Por último, a **presença do professor**, que estabelece categorias para avaliar a ação docente. Um professor é imprescindível para o equilíbrio entre as questões cognitivas e as questões sociais e para a conquista dos resultados educacionais satisfatórios. Existem três indicadores ligados à presença do professor em atividades *on-line*: gerenciamento instrucional, construção de entendimento e instrução direta.

O **gerenciamento instrucional** preocupa-se com o planejamento antes, durante e depois da atividade educacional. A **construção de entendimento** está associada à produtividade e, principalmente, à aquisição de conhecimento. Por fim, uma **instrução direta** está relacionada com as ações do professor: incentivo à reflexão, apresentação de conteúdos, perguntas, orientações, sínteses e também avaliações e *feedback*.

Nesse sentido, ao estabelecer as categorias de análise que englobam duas dimensões, o modelo de Jimoyiannis e Roussinos (2017) configura-se como uma ferramenta produtiva para avaliar a ação coletiva de sujeitos em ambientes *on-line*.

3. TRABALHOS RELACIONADOS

O presente capítulo apresenta os resultados da revisão sistemática da literatura (FARIA; PAULO, 2016) ligada ao objeto de investigação. Essa revisão bibliográfica buscou dar luz a dados relacionados a uma questão central de pesquisa e consolidar o primeiro objetivo específico: quais problemas e soluções de acessibilidade e usabilidade estão relacionados à interação de pessoas com deficiência visual em sistemas síncronos e colaborativos/cooperativos?

Os dados que emergiram da revisão bibliográfica foram classificados em três temas que refletem a estrutura desse capítulo: (1) regiões vivas como ferramenta de acessibilidade, (2) interação de pessoas com deficiência visual em editores de escrita síncrona e colaborativa na Web e (3) *feedback* tátil como instrumento de apoio para interação de pessoas com deficiência visual em sistemas síncronos e colaborativos.

A delimitação do percurso que conduziu o processo de revisão sistemática como, *strings* de busca, base de dados utilizadas, critérios de inclusão e exclusão, artigos retornados e selecionados, estão disponíveis em um repositório de dados: (MACHADO, 2017).

3.1. REGIÕES VIVAS COMO FERRAMENTA DE ACESSIBILIDADE (W3C – ARIA)

A especificação do W3C WAI-ARIA (*Web Accessibility Initiative — Accessible Rich Internet Applications*) (DIGGS et al., 2016) estabeleceu um importante recurso de acessibilidade em páginas Web chamado região viva (*live region*). Essa tecnologia permite delimitar uma área do documento HTML que será monitorada por uma tecnologia assistiva (normalmente um leitor de tela) e, sempre que essa área sofrer uma atualização, uma notificação pode ser encaminhada para o usuário. Existem algumas opções de configuração da região viva que podem ser personalizadas pelos programadores; são elas: (1) indicar qual elemento da página será observado e qual nível de prioridade deverá ser atribuído à atualização (*aria-live*), (2) permitir o controle de anúncios relativos à inclusão ou exclusão de elementos da área (*aria-relevant*), (3) após a ocorrência de uma atualização, notificar sobre o estado do elemento que sofreu a alteração ou informar sobre o estado de todos os elementos HTML que estão demarcados pela região viva (*aria-atomic*), (4) assegurar que as tecnologias assistivas aguardem até que uma atualização na região viva tenha terminado de ser carregada pelo navegador (*aria-busy*).

Por se tratar de um mecanismo especificado pelo W3C e, portanto, usufruir de uma difusão com abrangência mundial, as regiões vivas configuram-se como uma importante tecnologia para uma navegação não linear de pessoas que utilizem leitores de tela como agente de usuário. Além disso, é possível entender as regiões vivas como uma ferramenta para a construção dos elementos de suporte à percepção em sistemas Web síncronos e de ação coletiva. Dessa forma, essa tecnologia foi considerada durante este processo de revisão, o que resultou na identificação de trabalhos que visaram a aplicação de regiões vivas no contexto de sistemas síncronos e colaborativos na Web.

Thiessen e Chen (2007) desenvolveram um sistema de *chat* na Web chamado ReefChat. Ele possuía funcionalidades de notificações para pessoas com deficiência visual por meio da combinação entre regiões vivas e o Fire Vox, um leitor de tela específico para o navegador Firefox. O ReefChat utilizou um algoritmo de classificação em que mensagens recebiam relevância máxima (MAX) quando continham o nome de algum participante do *chat*. As mensagens de relevância média (MID) eram identificadas pela contagem de palavras similares em comparação com as mensagens anteriores. Todas as mensagens restantes eram classificadas com uma prioridade mínima (MIN). Foram testadas três opções de implementação das regiões vivas no ReefChat. A primeira implementação identificou cada mensagem conforme a relevância estabelecida pelo algoritmo de classificação (MAX, MID e MIN). Nesse caso, as mensagens com importância máxima e média foram marcadas na região viva como “assertivas” (*aria-live= "assertive"*), fazendo o leitor de tela notificar o usuário mesmo se ele estivesse realizando outra ação. As mensagens de baixa prioridade foram marcadas como Educadas (*aria-live= "polite"*), sendo lidas pelo leitor de tela somente quando o usuário estivesse sem executar nenhuma atividade, isto é, em situações em que as mensagens corriam o risco de nunca serem lidas.

Com base na classificação estabelecida pelo algoritmo, a segunda opção de implementação agrupou mensagens com a mesma prioridade. Elas foram organizadas em dois grupos: as relevantes, que eram lidas primeiro, e as não relevantes, que eram lidas depois da leitura de todas as mensagens relevantes. A desvantagem dessa implementação foi que a separação das mensagens em dois grupos alterou a sequência cronológica, dificultando a compreensão da informação. A terceira implementação do ReefChat simplesmente marcava as mensagens como “educadas” e as anunciava na ordem em que eram recebidas. Apesar de simples, essa solução foi escolhida como a melhor decisão de *design* dada a tecnologia disponível no momento em que Thiessen e Chen escreveram o artigo.

Thiessen e Hockema (2010) apresentaram uma implementação de regiões vivas no sistema eBuddy de bate-papo na Web. Sua intenção era verificar o uso de regiões vivas em contextos de grande fluxo de mensagens, ou seja, situações em que pode haver uma sobrecarga de informações para os usuários cegos. Para tentar resolver esse problema, essa pesquisa apresentou uma técnica chamada *Tally Queue*, que visa agrupar notificações de semântica similar, como entrada e saída de participantes ou mensagens recebidas.

Do ponto de vista conceitual, uma *Tally Queue* engloba (1) um rótulo, (2) um contador e (3) um mecanismo para anunciar as mensagens. Dessa forma, um sistema poderia ter diversas *Tally Queues* (filas de mensagens), e os usuários teriam a possibilidade de escolher o momento para escutar as mensagens de cada fila. A pesquisa de Thiessen e Hockema não seguiu a recomendação do W3C de marcar o lugar no qual as atualizações acontecem e, ao invés disso, criou regiões vivas escondidas destinadas a enfileirar as mensagens para posterior acesso. Os pesquisadores sugeriram adicionar controles como pausa, para frente e para trás para auxiliar os usuários na navegação em *Tally Queues* com muitas mensagens. Outra ideia proposta pela pesquisa foi anunciar a(s) primeira(s) mensagem(ns) de uma fila para verificar se o usuário possui interesse em direcionar a sua atenção a esse conjunto de mensagens ou não. Apesar de a *Tally Queues* possuir um considerável potencial de acessibilidade, o trabalho de Thiessen e Hockema (2010) não apresentou dados de validação com usuários reais.

Em 2011, Thiessen implementou quatro casos de teste com o propósito de validar a compatibilidade entre o HTML 5 e as regiões vivas do ARIA (THIESSSEN, 2011). O primeiro teste examinou o recurso de *Herança*, que permite a elementos do HTML herdar as propriedades de seu respectivo pai. Desse modo, foi elaborada uma situação de teste em que um elemento do HTML 5 foi estabelecido como pai e configurado como uma região viva “educada” (*aria-live=“polite”*). O elemento pai então recebeu dois filhos: um com as notificações desligadas (*aria-live=“off”*) e outro configurado como uma região assertiva (*aria-live=“assertive”*). Nessa situação, era previsto que um filho não anunciasse mensagens e o outro assumisse o comportamento assertivo, isto é, ele sobrescreveria o comportamento Educado herdado pelo elemento pai.

O segundo teste tinha o objetivo de examinar a capacidade de Priorização das atualizações em uma região viva (*off*, *polite* e *assertive*). Foi implementado um código HTML no qual foram escritas *tags articles* com as três formas de priorização disponíveis. Os anúncios, portanto, deveriam acontecer nas *tags* nessa ordem de prioridade: Assertiva, Educada e desligado.

Na terceira validação, testava-se a Relevância implementada por meio da propriedade *aria-relevant* (*additions, removals, text, all*) em uma *tag section* configurada como assertiva. Durante a execução do teste, a *tag section* foi preenchida com nomes de pessoas, simulando o anúncio de uma lista de participantes de um sistema. Após alguns segundos, o texto de *status* de cada usuário era alterado e, posteriormente, cada participante era removido da lista.

O quarto e último teste examinou a Atomicidade (*aria-atomic*) de uma região viva “educada” concebida em um elemento *article*. Nessa etapa de testagem, foi implementado um botão com valores *true* ou *false* para que um usuário definisse se as atualizações deveriam ser tratadas como atômicas ou não. O teste simulou um placar contendo diversos jogos; assim, se a atualização estivesse configurada como atômica e ocorresse alguma alteração no placar de um jogo, os resultados de todos os jogos deveriam ser informados ao usuário.

O resultado dos testes realizados com os leitores de tela NVDA 2010, Jaws 12 e Window-Eyes 7 mostrou que apenas o Jaws foi aprovado no teste de Atomicidade. Tanto o NVDA quanto o JAWS tiveram problemas nos testes de Herança, não conseguindo sobrescrever o comportamento Educado (*aria-live= "polite"*) do elemento pai.

O teste de Relevância demonstrou que tanto o NVDA quanto o Jaws não conseguiram anunciar a remoção de elementos da região viva. Porém, um ponto que chamou a atenção foi a falha de todos os leitores de tela no teste de *Priorização*, o que demonstrou uma fragilidade dos leitores ao suportar um dos principais recursos de uma região viva. Outro ponto interessante de se destacar foram as falhas do Window-Eyes em todos os quatro casos de teste.

Apesar das deficiências apresentadas, as regiões vivas se revelam como uma ferramenta imprescindível na construção de elementos de percepção para pessoas com deficiência visual. Entretanto, os estudos indicam que as regiões vivas deveriam ser projetadas de forma a compor uma solução de interação para deficientes visuais. Um exemplo disso são as *Tally Queues*, concebidas como resposta para problemas relacionados ao volume excessivo de notificações. Thiessen e Chen (2007) também discutem a capacidade do ser humano de distinguir múltiplos sons e vozes (ARONS, 1992), encorajando o desenvolvimento de novas soluções (*design*) de interação por meio do consórcio entre regiões vivas e leitores de tela, que, atualmente, sintetizam apenas uma única voz.

3.2. INTERAÇÃO DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL EM EDITORES DE ESCRITA SÍNCRONA E COLABORATIVA NA WEB

Na literatura existem trabalhos que investigaram a interação de pessoas com deficiência visual no Google Docs em ações síncronas e colaborativas na Web. Buzzi *et al.* (2010) pesquisaram a acessibilidade e a usabilidade de pessoas com deficiência visual no uso do Google Docs, um editor de texto Web síncrono e colaborativo. Nesse trabalho, foram considerados puramente aspectos de acessibilidade na página de *login*, na página principal e na área de edição de documento. A validação do experimento foi realizada por um usuário cego e três videntes que desligaram os monitores dos computadores durante a realização da validação. Os quatro participantes utilizaram o leitor de tela JAWS 10 consorciado com os navegadores Firefox 3 e Internet Explorer 8. Como resultado da investigação, foram revelados alguns aspectos sobre a acessibilidade do Google Docs: (1) a navegação entre os itens da interface se mostrou difícil, pois as principais funções do editor só podem ser alcançadas após muitos passos de navegação; (2) a interface não fornecia uma forma de navegação adequada por meio do teclado; (3) existiam diversos itens da interface sem nenhum tipo de informação textual e, portanto, sem explicações sobre o seu significado e seu uso; (4) em nenhuma situação, as janelas de diálogos se mostraram acessíveis; (5) finalmente, o estudo mostrou que existem diferenças significativas em relação à navegação com o JAWS 10 no Firefox 3 e no IE 8.

Ainda preocupados com questões de acessibilidade no Google Docs, Mori e seus colaboradores demonstraram que a interface do editor poderia se tornar acessível (MORI *et al.*, 2011a). Para isso, reconstruíram a interface de forma a ajustar os problemas que tinham sido identificados no estudo anterior, principalmente aqueles associados à navegação por meio de teclado. Um ponto desses dois estudos que merece destaque foi a ausência de testes das funcionalidades colaborativas do Google Docs. O foco dos dois trabalhos era dirigido apenas ao acesso aos elementos de interface por meio do leitor de tela.

Entretanto, o estudo conduzido por Mori *et al.* (2011a) se centrou em diversas funcionalidades do editor de texto do Google Docs, incluindo aquelas que oportunizam a colaboração. Novamente, o experimento foi realizado por um usuário cego e três videntes que desligaram os monitores dos computadores durante a realização dos protocolos de teste. Os quatro pesquisadores utilizaram o leitor de tela JAWS 10 consorciado com os navegadores Firefox 3 e Internet Explorer 8. Os resultados evidenciaram que o leitor de tela não foi capaz de notificar quem

estava acessando o documento ao mesmo tempo. Porém, uma mensagem de alerta apareceu quando dois participantes estavam editando o mesmo trecho do documento, indicando um conflito e fazendo ambos perceberem a presença do colega. O mapeamento da trajetória do participante por meio do histórico, funcionalidade essencial para verificar a contribuição de cada membro do grupo, pôde ser acessada apenas com o navegador Firefox. As diferenças entre as versões e a autoria de cada participante foram apresentadas apenas por meio de cores, não sendo também anunciadas pelo leitor de tela. Os comentários puderam ser acessados apenas pelo menu superior do sistema, o que tornou difícil associar um comentário a um trecho do texto. Entretanto, para testar as funções da plataforma, os videntes inseriram comentários no documento, o que revelou uma nova fragilidade: o leitor de tela não conseguia anunciar a diferença entre o texto do documento e o texto de um comentário. Assim, como regra geral, os elementos de percepção (*awareness*) estavam incompletos e, logo, muitas alterações no ambiente não eram anunciadas.

Essa pesquisa também propôs algumas melhorias para editores de texto síncronos e colaborativos: (1) a informação de quem está conectado ao ambiente e o que estão fazendo deve estar disponível para um fácil acesso; (2) quando duas ou mais pessoas estiverem trabalhando no mesmo documento, é preciso estar perceptível a informação sobre os trechos que estiverem livres para serem editados, bem como o conteúdo bloqueado e os fragmentos de texto que sofreram alterações; (3) sons curtos ou *feedback* em áudio pode melhorar a percepção dos usuários para eventos que ocorrem com frequência no ambiente, como uma falha, um sucesso ou o resultado de uma ação específica.

O estudo conduzido por Buzzi *et al.* (2014) testou novamente, por meio de um leitor de tela, algumas funcionalidades relacionadas à colaboração no Google Docs. O teste foi realizado com o JAWS 14 consorciado com os navegadores Internet Explorer 11, Firefox 27 e Google Chrome 35. Ele reforçou o resultado do trabalho anterior, o qual havia apontado para uma falta de acessibilidade e usabilidade das funções colaborativas do Google Docs (MORI *et al.*, 2011a). A partir dessas conclusões, o estudo de Buzzi *et al.* (2014) propôs mais algumas recomendações de acessibilidade para funcionalidades colaborativas em editores de texto síncronos na Web: (1) fornecer elementos de interface agrupados de acordo com as funcionalidades, tornando-os operáveis também por meio de teclados e atalhos; (2) fazer os usuários perceberem os pontos do documento que estão sendo editados; (3) indicar as alterações e os acréscimos no documento; (4) informar ao usuário o *status (on-line e off-line)* dos colaboradores que estiverem trabalhando no

documento; (5) disponibilizar as informações sobre a versão atual do documento, como quem realizou as últimas mudanças e quando isso aconteceu.

Segundo Buzzi e colaboradores, cada ponto de recomendação pode ser implementado de maneiras distintas. Para esses pesquisadores, a terceira recomendação poderia utilizar sons ou *tags* vocais para, por exemplo, fornecer uma exploração das modificações do documento em dois níveis. No primeiro, poderia ser desenvolvido um recurso que permitisse ao usuário cego obter rapidamente o estado geral das alterações ou adições em um documento. De posse do mapa global, os participantes cegos compreenderiam, então, de maneira mais detalhada, as mudanças realizadas por cada autor. Da mesma forma, a quarta orientação poderia ser construída de forma a utilizar sons ou inclusive uma voz que informasse o nome e o *status* do colaborador, como “usuário *x* está entrando”. Nesse caso, uma região viva poderia ser uma solução de implementação.

Apesar dos estudos não realizarem experimentos com mais de um usuário e também não testarem as recomendações de acessibilidade propostas por Buzzi e colaboradores, essas investigações sobre a acessibilidade do Google Docs revelam indícios associados à interação de pessoas com deficiência visual em editores de texto Web síncronos e colaborativos. Há a necessidade de se pensar em estratégias para que os usuários obtenham o estado geral das alterações ou adições em um documento. Um dos problemas importantes apontados por esses estudos é o fato dos leitores de tela apresentarem comportamentos distintos quando executados com navegadores diferentes, o que dificulta de forma considerável o suporte à acessibilidade em sistemas Web.

Percebe-se, portanto, após a análise dos resultados das pesquisas descritas, que existe necessidade de se implementar elementos de suporte à percepção para pessoas com deficiência visual em sistemas colaborativos.

3.3. *FEEDBACK* TÁTIL COMO INSTRUMENTO DE APOIO PARA INTERAÇÃO DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL EM SISTEMAS SÍNCRONOS E COLABORATIVOS

Esta seção apresenta uma análise de pesquisas que observaram a colaboração entre videntes e pessoas com deficiência visual por meio de *feedbacks* táteis.

Sallnäs, Bjerstedt-Blom e Winberg (2006) realizaram experimentos num ambiente virtual tridimensional envolvendo seis duplas formadas por um cego e um vidente. Cada dupla tinha que realizar quatro tarefas colaborativas de complexidades distintas, abrangendo desde atividades de

identificação de figuras tridimensionais até ações coordenadas para empilhar objetos. Para manipular os artefatos do ambiente, as duplas foram posicionadas em computadores frente a frente. Cada participante utilizou um dispositivo 3D tátil chamado Phantom Omni. Os videntes contavam com a representação visual do sistema e poderiam fazer uma audiodescrição da interface.

Os resultados mostraram que a realização das tarefas pelas duplas foi possível. Entre as conclusões, pode-se destacar os seguintes pontos: (1) na maioria dos casos, o participante vidente guiou o sujeito cego na realização das tarefas; a comunicação verbal foi, portanto, essencial para apoiar a percepção sobre o *status* do ambiente compartilhado e também para coordenar as atividades conjuntas; (2) o *feedback* tátil foi determinante para que as pessoas cegas formassem uma mapa mental do ambiente e verificassem a disposição dos objetos; (3) pontos de referência como paredes, piso, teto e objetos fixos foram importantes para apoiar a orientação dos sujeitos.

O experimento realizado por Macgookin e Brewster (2007) estudou um sistema colaborativo para a concepção de gráficos. O estudo foi realizado com quatro duplas de pessoas cegas que precisavam reproduzir virtualmente quatro gráficos em barras. As duplas foram colocadas frente a frente, o que lhes possibilitava um diálogo livre. Além disso, os participantes não utilizavam fones de ouvido; assim, o som proveniente da interação de um participante com o sistema poderia ser ouvido pelo seu colega.

Para interagir com os gráficos no sistema, cada participante tinha à sua disposição o dispositivo Phantom Omni. Os pesquisadores também implementaram dois botões que auxiliavam a localização dos usuários nos gráficos. O primeiro, chamado "*come to me*", permitia que um usuário chamasse o cursor do colega. O segundo, conhecido como "*go to you*" permitia que o um sujeito fosse até a posição do seu parceiro. Quanto aos resultados dessa investigação, é possível destacar: (1) a informação sonora compartilhada se mostrou útil para que os participantes percebessem a ação do outro; entretanto, as duplas que adotaram uma estratégia de dividir a tarefa, um iniciando a construção do gráfico pela esquerda e outro pela direita, consideraram que o som gerado pelo parceiro poderia causar uma distração; (2) o uso dos participantes dos recursos "*come to me*" e "*go to you*" também dependia da estratégia utilizada. Aqueles que dividiram a tarefa utilizaram essas funcionalidades de orientação, pois, como alguns participantes se acostumavam rapidamente ao Phantom, eles poderiam ir até o ponto do seu parceiro para ajudá-lo. No entanto, o recurso "*come to me*" se mostrou menos popular: as pessoas não gostaram da possibilidade de terem seu cursor arrastado para a localização do seu colega. Dessa forma, essa pesquisa enfatizou que o

uso do som compartilhado promoveu a colaboração, mas também que a quantidade e o tipo de anúncios sonoros dependem da estratégia de manipulação do objeto adotado. Esses autores apontaram para a necessidade de se entender a relação entre a quantidade de sons, o tipo de áudio e a forma de uso de um objeto compartilhado.

O trabalho realizado por Winberg (2006) propôs tarefas colaborativas entre duas duplas incluindo participantes cegos e videntes. O usuário cego tinha à sua disposição uma caneta, uma mesa gráfica dividida logicamente em quatro quadrantes e recursos sonoros que, por meio da distância relativa entre a caneta e os objetos, auxiliavam na identificação da quantidade e do número de objetos. As duplas podiam interagir mediante ações de *drag and drop* dos objetos em um espaço de trabalho compartilhado. Foi solicitado que as duplas realizassem (1) uma tarefa de ordenação na qual era necessário determinar a quantidade de objetos para depois redistribuí-los e (2) uma tarefa de movimentação, que consistia em identificar quadrantes vazios e movimentar os objetos para completar quatro voltas nos quadrantes da mesa.

Os resultados desse estudo destacaram a importância da concepção de tarefas e dos recursos computacionais disponíveis para a manipulação e para a obtenção de *feedback* em contextos colaborativos. O trabalho revelou que os sujeitos cegos demoraram mais tempo para perceber o estado global da interface, o que gerou um desequilíbrio na participação entre os sujeitos de cada dupla. Essa assimetria na participação foi observada na tarefa de ordenação, mas não foi verificada na tarefa de movimentação, uma vez que, segundo os autores, essa atividade exigia menos atenção ao estado da interface. Essa pesquisa também enfatizou que a concepção da tarefa e dos recursos para a manipulação e a obtenção de *feedback* também influenciaram na forma como as duplas se organizavam para concretizá-las, muitas vezes determinando a divisão das responsabilidades.

Kubber, Yu e Mcallister (2007) fizeram um estudo num cenário em que, por meio de suporte por telefone, uma pessoa com visão fornecia instruções para usuários cegos sobre a instalação de um *plug-in* na Web. Cada participante cego utilizou um *mouse* que fornecia auxílio tátil sempre que localizava elementos presentes na página, como *hiperlinks*, botões, imagens, entre outros. Participaram do experimento quatorze duplas constituídas por um vidente e um deficiente visual, que usavam com frequência leitores de tela. Os resultados revelaram que os participantes cegos foram capazes de perceber e identificar objetos, conseguindo, assim, completar a tarefa proposta.

Entretanto, as investigações de Kubber, Yu e Mcallister (2007) apontam para um conjunto de dificuldades encontradas na execução do experimento: descobrir a posição inicial dentro da página, percorrer caminhos retos com o *mouse* e localizar elementos pequenos. A análise dos dados demonstrou que a orientação de apoio para a navegação foi necessária para fins de colaboração. Percebe-se, em vista disso, que novamente a informação em áudio se mostrou essencial para o auxílio à orientação e à percepção.

O objetivo da investigação realizada por Sallnäs, Moll e Eklundh (2007) avaliou a colaboração entre estudantes cegos e não cegos em dois ambientes. Para realizar esse estudo, foram desenvolvidos dois sistemas colaborativos com interface háptica implementada por meio do Phantom. O primeiro sistema permitia que um grupo de alunos interagisse com figuras geométricas para executar a identificação de ângulos. O segundo possibilitava aos alunos a operação de conceitos de geometria espacial por meio de um ambiente tridimensional que permitia a movimentação de objetos. Participaram do estudo 12 crianças entre 11 e 12 anos de idade. Uma criança com deficiência visual era totalmente cega, outra tinha visão residual e duas possuíam uma visão que poderia causar um pequeno efeito na avaliação. Três das quatro crianças com deficiência visual e quatro das oito crianças sem deficiência visual eram meninas. Os estudantes foram divididos em quatro grupos de três, sendo que cada grupo recebeu um estudante com deficiência visual. Uma avaliação orientada por duas tarefas foi realizada em quatro sessões de teste. Na primeira tarefa, os grupos tinham que colaborativamente classificar e obter consenso sobre ângulos em figuras geométricas; na segunda, eles precisavam posicionar cubos virtuais conjuntamente de forma a alcançar um tamanho de retângulo específico. Os resultados mostraram que o apoio aos estudantes com deficiência visual era adequado e que a cooperação e o aprendizado foram satisfatoriamente apoiados. No entanto, como o segundo protótipo apresentava uma situação mais dinâmica, os estudantes com deficiência visual tiveram dificuldade em acompanhar as mudanças no ambiente: eles não sabiam onde os colegas tinham posicionado os cubos e nem onde deveriam posicionar o seu. Assim, devido à falta de informação de *awareness*, a orientação verbal e a força que repelia um cursor do outro foram utilizadas como alternativas para guiar o estudante cego nesses sistemas.

O conjunto de investigações discutidas nesta seção apresentou alguns indícios sobre a interação de pessoas cegas em sistemas colaborativos: (1) o áudio do sistema e os diálogos compartilhados entre os participantes se revelaram essenciais para a manutenção da percepção e

também para a coordenação de tarefas (SALLNÄS; BJERSTEDT-BLOM; WINBERG, 2006), (MCGOOKIN; BREWSTER, 2007), (KUBER; YU; MCALLISTER, 2007); (2) Apesar do *feedback* tátil auxiliar pessoas cegas a criar um modelo mental do ambiente sem a informação de áudio, possivelmente os dispositivos táteis não conseguiriam sozinhos oportunizar a realização de tarefas em ambientes compartilhados (KUBER; YU; MCALLISTER, 2007); (3) visando equidade na participação, outro ponto observado foi a importância associada à concepção da tarefa e de seus respectivos elementos de suporte à percepção (WINBERG, 2006) (SALLNÄS; MOLL; SEVERINSON-EKLUNDH, 2007), por exemplo, como pessoas cegas tendem a demorar mais tempo para perceber o estado global de uma interface, sempre que a tarefa exigir esse tipo de ação, poderá ocorrer um desequilíbrio entre a participação de videntes e de pessoas com deficiência visual; (4) a pesquisa de McGookin e Brewster (2007) evidenciou que a estratégia de manipulação de um artefato compartilhado pode alterar a relação entre a quantidade de sons e o tipo de áudio utilizado pelo sistema.

4. CENÁRIOS TECNOLÓGICOS E PERCURSO METODOLÓGICO

A fim de compreender os limites e as possibilidades da interação de pessoas com deficiências em sistemas Web síncronos e interativos, o Núcleo de Informática na Educação Especial (NIEE) desenvolveu o projeto Quadro Branco (SANTAROSA; CONFORTO; MACHADO, 2014). Com funcionalidades similares às de sistemas de webconferência, o Quadro Branco possuía uma área para identificar os participantes conectados ao ambiente, recursos para comunicação, como um chat textual e ferramentas de *streaming* de áudio e vídeo e, uma área para construção de esquemas, na qual era possível compartilhar texto, imagens e vídeos. O principal desafio do Quadro Branco foi permitir a interação entre pessoas, em especial as deficiências evidenciadas pelos sujeitos que participaram do processo de validação desse sistema, sensorial, amiotrofia espinhal e com síndrome de Down, para potencializar a equidade na participação entre interagentes.

O estudo mostrou que, embora o Quadro Branco disponibilizasse funcionalidades implementadas de acordo com as recomendações de acessibilidade do W3C, as pessoas com deficiência visual apresentaram dificuldades na interação síncrona na Web. O Quadro Branco dispunha de um mecanismo de notificação sonora por meio de regiões vivas, porém, nem todas as notificações eram anunciadas e, quando as pessoas com deficiência visual conseguiam identificá-las, havia problemas na compreensão da mensagem recebida.

Em relação ao posicionamento espacial dos objetos na área de construção de esquemas, constatou-se um segundo ponto de fragilidade. Para permitir o deslocamento dos elementos da área de produção foi desenvolvida uma ferramenta que permitia aos usuários posicionar os objetos por meio do teclado. No entanto, como a unidade de medida era informada em *pixels*, os indivíduos com deficiência visual tiveram dificuldade de compreender o posicionamento de objetos.

Nesse sentido, pode-se dizer que a interação de deficientes visual com o Quadro Branco foi prejudicada principalmente por dois fatores: a falta de recursos de notificações sobre as ações de outros participantes no sistema e a dificuldade de orientação e posicionamento espacial de objetos na área destinada à produção de esquemas.

A implementação e os resultados do processo de validação do Quadro Branco projetaram novas investigações que resultaram nos estudos desta tese. Dessa forma, as próximas seções deste

capítulo descrevem o caminho metodológico percorrido, constituído de três etapas para melhor compreender o problema de pesquisa e explorar as questões de implementação de sistemas Web síncronos e acessíveis. Nesse sentido, o primeiro estudo objetivou verificar o suporte à percepção oferecido para pessoas com deficiência visual por ferramentas Web de escrita síncrona e colaborativa amplamente utilizadas, como o Google Docs e o Word Online (MACHADO; CONFORTO; SANTAROSA, 2016). O segundo estudo consistiu em implementar e investigar a interação de usuários com deficiência visual em um sistema Web de bate-papo, Sound Chat, com recursos de suporte à percepção visual e sonora (MACHADO et al., 2017).

A partir dos resultados alcançados nos dois estudos iniciais, foi projetado o terceiro estudo que envolveu a modelagem do segundo cenário tecnológico, um sistema Web para apoiar ações cooperativas entre pessoas com e sem deficiência visual. Portanto, o presente capítulo detalha, como parte da metodologia desta tese, os dois estudos iniciais e logo apresenta os procedimentos metodológicos adotados no terceiro estudo: caracterização, cenário, descrição dos sujeitos, métodos e procedimento de coleta e análise dos dados.

4.1. ELEMENTOS DE PERCEPÇÃO EM EDITORES ON-LINE NA PERSPECTIVA DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

O primeiro estudo desta pesquisa visou analisar o suporte a elementos de percepção para pessoas com deficiência visual (DV) nos editores de texto Google Docs e Word Online por meio de uma abordagem qualitativa (GIL, 2008) e por um conjunto de categorias inspirado nas discussões proposta por Antunes *et al.* (2014): disponibilidade, comunicação, tarefa, interação e interdependência. A escolha dessas ferramentas como contexto de pesquisa foi conduzida pela observação de três critérios: (1) ser um editor de texto com possibilidade de mediar práticas de colaboração/cooperação na Web; (2) ser amplamente utilizado; (3) responder positivamente às questões de análise estabelecidas por Antunes *et al.* (2014). Como sujeitos de pesquisa, participaram da investigação um vidente e duas pessoas com deficiência visual (DV) com larga experiência na utilização de leitores de tela (Tabela 4). Os sujeitos de pesquisa foram instruídos a pensar em voz alta (*Think-aloud*) sobre as ações que efetuavam. Como instrumentos de coleta de dados, foram empregadas a proposição de protocolos, a técnica de observação direta e a transcrição das filmagens. A discussão dos dados foi pautada na técnica de análise textual discursiva, conforme Moraes (2003), e os encontros foram presenciais, com a duração média de uma hora.

Tabela 4 - Caracterização dos sujeitos de pesquisa

S ₀	Usuário sem deficiência, 37 anos. Mestrado em Ciência da Computação. Configuração tecnológica estabelecida na aplicação dos protocolos de pesquisa: Windows 7, Firefox e Chrome.
S ₁	Usuário com deficiência, 24 anos, com 5% de visão residual. Graduado em Análise e Desenvolvimento de Sistemas Web. Trabalha na IBM/Brasil. Configuração tecnológica estabelecida na aplicação dos protocolos de pesquisa: Windows 8.1, Jaws 15 e Firefox 40.03.
S ₂	Usuário com cegueira total, 47 anos, graduado em Ciência da Computação e em Física e mestre em Ciência da Computação. Larga experiência com leitores de tela Jaws. Trabalha no Centro de Processamentos de Dados da UFRGS. Configuração tecnológica estabelecida na aplicação dos protocolos de pesquisa: Windows 7, Jaws 16 e Internet Explorer 9.

As sessões de investigação foram acompanhadas por protocolos de pesquisa, ou seja, roteiros elaborados para conduzir a observação das ações dos sujeitos da pesquisa em estratégias de escrita síncrona e nos editores de texto on-line. Os protocolos foram estruturados de forma a relacionar as ações solicitadas dos sujeitos com os diferentes requisitos de percepção necessários para impulsionar práticas de escrita (Tabela 5). A elaboração de uma história coletiva foi proposta como produto estabelecido no protocolo de pesquisa para o grupo de participantes, com e sem deficiência visual.

Tabela 5 - Categorias de análise e protocolo de pesquisa

Categoria Questão de análise	Ações do sujeito de pesquisa com DV
Disponibilidade: — Os usuários estão disponíveis para cooperar (on-line, off-line)?	— Criar e compartilhar o texto com os demais participantes. — Perceber a presença dos demais participantes no sistema de edição.
Comunicação: — Outros usuários estão trabalhando de forma síncrona ou assíncrona? — A conectividade foi perdida ou recuperada?	— Identificar participantes de atuação síncrona por meio de ícone do perfil dos participantes. — Identificar participantes de atuação assíncrona pelo acesso ao histórico das versões. — Observar a reação do sujeito de pesquisa com DV em situação de perda de conectividade.

<p>Tarefa:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Quem está realizando uma tarefa em particular? — Qual é a atividade que está sendo executada por um determinado usuário? — Onde o usuário está trabalhando? — Quando foi ou está sendo executada uma tarefa? — Como foi ou está sendo executada uma tarefa? — O sistema informa o histórico das tarefas executadas? 	<ul style="list-style-type: none"> — Copiar e colar no texto de abertura da proposta de escrita colaborativa encaminhada por e-mail. — Criar um novo parágrafo para dar sequência para o trecho da história inspirada na obra de Cláudio Levitan, <i>O porão misterioso</i>. — Negociar e produzir colaborativamente a escrita colaborativa do texto. — Acessar o recurso de verificação do histórico das revisões.
--	---

Categoria	Suporte do sistema
Questão de análise	Análise do Investigador

Interação:

<ul style="list-style-type: none"> — Há <i>feedback</i> sobre as ações correntes do usuário? — Os outros estão acompanhando o que usuário está fazendo (<i>feedthrough</i>)? — Há <i>feedback</i> sobre quem está falando com quem? 	<ul style="list-style-type: none"> — Análise dos recursos de percepção disponibilizados pelo sistema para subsidiar a ação do sujeito com DV no processo de produção colaborativa do texto. — Análise da reação do sujeito com DV no processo de produção colaborativa do texto <p>[Metodologia: <i>thinking aloud</i>]</p>
--	---

Interdependência:

<ul style="list-style-type: none"> — Os outros estão realizando atividades paralelas? — Há a realização de atividades coordenadas? — Há a realização de atividades de ajuste mútuo? — Quem está no controle de um objeto ou de um recurso compartilhado?
--

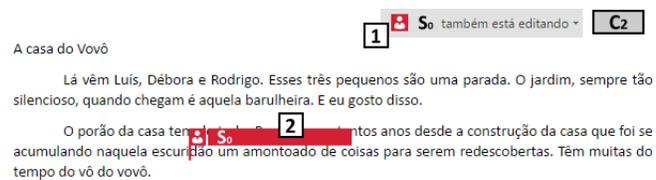
Os resultados dos dados coletados evidenciaram que os editores de texto analisados possuem um suporte adequado para a produção textual realizada por pessoas sem limitações visuais. Entretanto, a análise com foco nos usuários com deficiência visual revelou que os editores de textos investigados são inadequados para mediar ações de produção textual, pois os requisitos de percepção passam a não ser garantidos.

Na categoria disponibilidade, a questão de análise “Os usuários estão disponíveis para cooperar (on-line, off-line)?” foi parcialmente contemplada. Quando S₁ estava utilizando o Google Docs, percebeu a presença de outros participantes, mas não como uma ação propositiva do sistema. A percepção de S₁ resultou da livre exploração, uma prática realizada com frequência para: (1) iniciar uma tarefa e, assim, construir o mapa mental do espaço de trabalho e (2) resolver problemas de desorientação — o usuário com DV se utiliza da estratégia de retornar para o topo da página e, como consequência desse processo de navegação, percebe as alterações do sistema.

Por outro lado, o sujeito S₂ conseguiu perceber a entrada de novos participantes no Word Online, uma vez que o anúncio “convidado está editando este documento” foi efetivado pelo leitor de tela por meio de uma região viva. Além disso, S₂ também foi notificado no momento da saída de um participante pela mensagem “convidado não está mais editando este documento”. Porém, apesar do mecanismo de anúncio ter sido implementado, as mensagens não continham o nome do usuário que estava entrando ou saindo do ambiente. Por isso, devido à fragilidade da qualidade da informação fornecida pelo sistema, avaliou-se como parcial a capacidade de uma pessoa com deficiência visual perceber a disponibilidade de outros participantes no espaço de trabalho.

Na categoria comunicação, a questão de análise associada à percepção dos usuários para diferenciar a forma de atuação do participante na edição do texto, síncrona ou assíncrona, foi satisfeita pelos editores, que proporcionaram a identificação dos participantes por meio de ícones coloridos e pela imagem do usuário, conforme ilustram os destaques 1 e 2 na Figura 6.

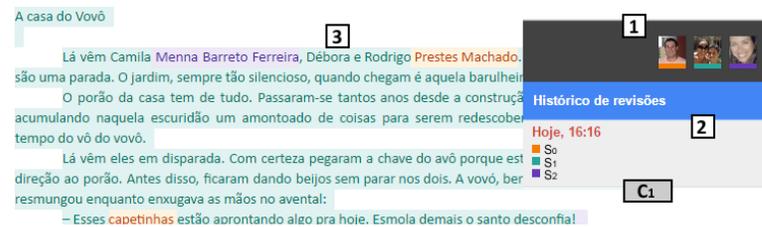
Entretanto, por serem recursos imagéticos, esses elementos de percepção não foram anunciados pelo leitor de tela. A fim de verificar os usuários sincronamente ativos, S₁ necessitava realizar uma ação de pesquisa, deslocando-se ao topo da tela e, por meio da navegação pelo teclado, acender à área de identificação dos responsáveis pela autoria colaborativa do texto. Ainda no conjunto de análise da categoria comunicação, sobre a questão “A conectividade foi perdida ou recuperada?”, avaliou-se como negativo o suporte dos dois editores à percepção de um usuário com DV no momento da perda de conexão com a internet. Apesar do editor Google Docs exibir um *banner* para informar sobre a perda de conectividade, não se executou nenhum tipo de anúncio sonoro. No Word Online, não foram constatadas comunicações visuais ou sonoras para sinalizar o momento da perda de conexão.



Elementos de percepção: [Contexto C2 \[Word Online\]](#) - (1) indica a presença de usuários com possibilidade de ação cooperativa; (2) relaciona a cor representativa de cada usuário e a posição do participante em ação de

Figura 6 - Elementos de percepção no Word Online em ação síncrona.

Na categoria **tarefa**, os editores analisados disponibilizaram ícones visuais que possibilitaram identificar cada ação do participante na construção de um texto colaborativo. Elementos de percepção importantes, como **quem?**, **o quê?**, **onde?**, **quando?**, **como?**, estabelecem as condições de possibilidade para a concretização de tarefas e atuam como impulsionadores para que os conceitos de interação e de interdependência positiva sejam experienciados por participantes com e sem deficiência visual. Por exemplo, o destaque 1 da Figura 7 apresenta o elemento de percepção adotado no Google Docs para indicar a posição do usuário no processo de edição de texto. No entanto, não se identificou, nos dois editores, esse tipo de recurso de percepção direcionado aos usuários com deficiência visual. As estratégias de investigação foram propostas nos protocolos de pesquisa para analisar se “O sistema informa o histórico das tarefas executadas?”. Esse recurso se mostra importante para a coordenação e o gerenciamento do processo de produção textual cooperativa por: (1) oportunizar o acesso a diferentes versões do texto; (2) permitir o acesso a um mapa da atuação individual sobre a construção colaborativa do texto. Porém, esse requisito de percepção foi parcialmente atingido por S₁ no Google Docs: o sistema identificava a ação de cada participante por meio de cores, ou seja, um elemento de percepção sem relevância para usuários com deficiência visual, como evidenciam os destaques 2 e 3 da Figura 7.



Elementos de percepção: Contexto C1 [Google Drive] - (1) indica a presença de usuários que participaram da tarefa cooperativa; (2) relaciona a cor representativa cada usuário e, pela identificação do horário da edição, responde ao quesito “Quando?”; (3) por meio de cores, revela as ações de edição, respondendo questões como: “Quem?”, “O quê?”, “Onde?”.

Figura 7 - Elementos de percepção no Google Docs em ação assíncrona.

As questões de análise relacionadas às categorias interação e interdependência, requisitos de percepção essenciais para o trabalho cooperativo no espaço de trabalho, resultaram imperceptíveis para usuários com deficiência visual. Para os sujeitos com deficiência visual, as questões de análise relacionadas ao retorno dos editores de texto, “Há *feedback* sobre as ações correntes do usuário?”, “Os outros estão acompanhando o que usuário está fazendo (*feedthrough*)?” e “ Há *feedback* sobre quem está falando com quem?”, não obtiveram retornos efetivos quanto à atuação de cada participante no processo de edição de texto. Não há implementação de um conjunto de estratégias de *feedback*, o que inviabiliza a participação efetiva de S₁ e S₂ e, conseqüentemente, a interlocução entre participantes com e sem deficiência visual.

A capacidade de agir do usuário com deficiência visual foi fragilizada pelo impedimento da negociação necessária à produção textual síncrona e colaborativa resultante da ausência de anúncios que deveriam ter sido proporcionados pelos editores. Ilustra essa fragilidade de *feedback* o registro de pesquisa realizado ao mapear a ação de S₁: “[...] *quando S₁ digitava na área de produção textual, o leitor de tela informava: em branco*” [Relato — S₁]. Propostas de construção textual síncrona e colaborativa/cooperativa necessitam de espaços de negociação. No Google Docs, a negociação foi planejada para ocorrer por meio da ferramenta de *chat*. Para o sujeito de pesquisa S₁, esse recurso de comunicação síncrono não estava sinalizado; S₁ o reconheceu apenas pelo contexto das mensagens trocadas: “[...] *aqui não tem nada que identifique que existe uma mensagem de bate-papo e nem que estou em uma área de chat*” [Relato — S₁]. Além disso, os resultados dos protocolos revelaram que os editores não foram capazes de anunciar, por exemplo, que um novo parágrafo de texto estava sendo escrito por outro usuário. Com isso, ratifica-se a pesquisa de Mori *et al.* (2011b): os deficientes visuais não conseguiam diferenciar o que era

efetivamente texto ou comentário. Além disso, S₁ sequer conseguiu entender que estava em um editor de texto na Web, para ele, tratava-se apenas de um campo de formulário. Outro problema encontrado foram as constantes atualizações na interface dos editores, que provocaram desorientação aos usuários com deficiência visual. No Google Docs, por exemplo, ao receber uma mensagem, criou-se uma janela de bate-papo, acarretando uma navegação diferente da original. Nas palavras de S₁, “[...] *essa página parece mutante*” e “*é difícil estabelecer um mapa mental para essa página*” [Relatos — S₁].

Apesar dos editores Google Docs e Word Online oferecerem um suporte apropriado a percepção visual, o mesmo não pode ser dito em relação aos recursos de suporte a percepção sonora voltados, principalmente, para pessoas com deficiência visual. Dessa forma, a próxima seção relata detalhes de um segundo estudo em que os elementos de percepção foram escritos para um sistema de bate-papo na Web. O objetivo da investigação com esse sistema era explorar as tecnologias úteis para a construção de um sistema Web síncrono e cooperativo que possibilite a equidade na participação de pessoas com e sem deficiência visual.

4.2. SOUND CHAT: UM ESTUDO SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DE ELEMENTOS DE PERCEPÇÃO SONOROS PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL NA WEB

O Sound Chat (MACHADO et al., 2017) é uma ferramenta de bate-papo na Web construída para promover a interação entre videntes e pessoas com deficiência visual que implementa elementos de percepção visual e sonora. Para manter a percepção sonora, o Sound Chat associa tecnologias como ícones auditivos e *earcoins*, implementados por meio da Web Audio API (ADENOT; WILSON, 2015), *text-to-speech*, desenvolvido com Web Speech API (SHIRES; WENNBORG, 2012), e regiões vivas escritas de acordo com a recomendação da ARIA (DIGGS et al., 2016). Para incentivar a sua reutilização, o Sound Chat foi construído como um componente Web por meio do *framework* Polymer (POLYMER, 2017). O sistema pode ser usado em português, inglês e espanhol, sendo compatível com navegadores para *desktop* e dispositivos móveis.

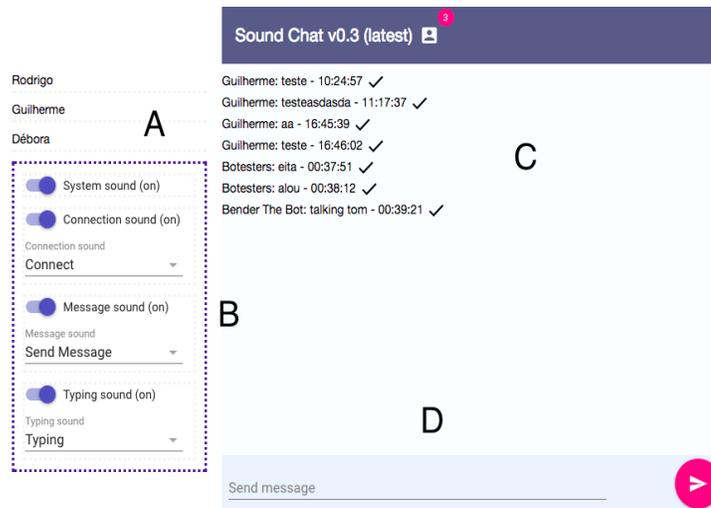


Figura 8 - Interface do Sound Chat.

A Figura 8 apresenta a interface principal do sistema de comunicação Sound Chat e permite observar a lista de participantes (Figura 8 — destaque A), as opções de configuração do sistema (Figura 8— B), as mensagens trocadas (Figura 8— C) e a área para o envio de mensagem (Figura 8 — D). Por padrão, o Sound Chat inicia com o áudio ativo, mas permite que os usuários o desativem e o reativem. O sistema disponibiliza controles específicos para os usuários desligarem, ligarem ou alterarem o som emitido por três funcionalidades: entrada ou saída de participantes, recebimento de mensagens e som da digitação.

Os recursos de percepção sonora foram implementados por meio de quatro eventos distintos no Sound Chat: *Connecting*, *Receiving message*, *Sending message* e *Typing*. Inspirados nas categorias de percepção no espaço de trabalho, cada evento combina um conjunto de tecnologias para proporcionar a percepção sonora aos usuários com deficiência visual. A Tabela 6 apresenta as combinações de tecnologias para cada evento no Sound Chat.

Tabela 6 - Elementos de percepção sonoros no Sound Chat

Eventos do Sistema	Categorias de percepção no espaço de trabalho envolvidas	Interface sonora
<i>Connecting</i>	Disponibilidade, Tarefa, Interação (<i>feedthrough</i>)	Som abstrato comparável a um <i>beep (earcon)</i> + <i>text-to-speech</i> número de usuários conectados + <i>text-to-speech</i> "participantes" + <i>text-to-speech</i> nome de cada usuário conectado

<i>Receiving message</i>	Comunicação (a mensagem foi entregue no momento correto), Tarefa, Interação (<i>feedthrough</i>)	Som abstrato similar a uma bolha de sabão estourando (<i>earcon</i>) + <i>text-to-speech</i> o nome de quem enviou a mensagem + uma região viva para ler a mensagem recebida
<i>Sending message</i>	Interação (<i>feedback</i>)	Som abstrato similar a uma bolha de sabão estourando (<i>earcon</i>)
<i>Typing</i>	Interação (<i>feedthrough</i>), Interdependência (coordenação)	Som concreto de uma digitação (<i>Auditory Icon</i>)

A interação de usuários com deficiência visual com o Sound Chat foi analisada por meio de uma abordagem qualitativa em um contexto de pesquisa exploratória. Os processos de investigação sobre a percepção sonora no Espaço de Trabalho no Sound Chat foram conduzidos por um conjunto de quatro categorias anteriormente discutidas por Antunes *et al.* (2014), que estabeleceram as métricas deste estudo da seguinte forma: disponibilidade, comunicação, tarefa, interação e interdependência, conforme mostra a Tabela 7.

Tabela 7 - Categorias de percepção no espaço de trabalho

Categorias	Questões de análise: o sistema informa/promove
Disponibilidade	Os usuários estavam disponíveis para cooperar (on-line, off-line)?
Comunicação	Quando as mensagens foram entregues para os usuários?
Tarefa	Quem estava realizando uma tarefa específica? Qual foi a atividade? [entrada, saída, digitação, envio e recebimento de mensagens] O sistema mostrou uma sequência de tarefas que foram realizadas no tempo? (histórico)
Interação	O sistema estava provendo <i>feedback</i> sobre as ações correntes dos usuários? O sistema notificava os usuários sobre as ações correntes dos outros participantes?
Interdependência	O sistema indicava se os usuários estavam coordenando as atividades coordenadas? O sistema indicou se os usuários estavam realizando atividades paralelas?

Os sujeitos de pesquisa deste estudo foram formados por quatro usuários cegos e um sujeito com baixa visão, conforme detalha a Tabela 8. Para cada interação, foi formado um grupo, composto por um usuário com deficiência visual e dois videntes. Um protocolo de pesquisa foi desenvolvido para orientar a condução da interação e estabelecer os pontos de observação (MACHADO, 2018). Cada sessão foi dividida em dois momentos distintos: no primeiro, realizou-se a interação de cada grupo com a utilização do Sound Chat e, no segundo momento, uma entrevista semiestruturada foi conduzida para coletar mais informações sobre a experiência do sujeito com deficiência visual com o sistema. A interação com o Sound Chat se deu por meio de

uma conversa informal sobre a atividade profissional do usuário com deficiência visual. Todas as ações dos usuários foram capturadas e salvas em um banco de dados para uma análise posterior. A interação também foi filmada e transcrita de acordo com a técnica de análise textual discursiva (MORAES, 2003). Nesta pesquisa, todos os sujeitos da pesquisa assinaram um termo de livre consentimento de pesquisa. Cada sessão de teste durou cerca de sessenta minutos.

Tabela 8 - Sujeitos da pesquisa com o Sound Chat

S ₁	Cego, 47 anos, formado em Ciências da Computação e em Física, mestrado em Ciência da Computação. Mais de 10 anos de experiência com leitores de tela. Configuração tecnológica: computador de mesa, Windows 10, Jaws 18 e Chrome 60.
S ₂	Cego, 29 anos, graduando em Administração. Mais de 10 anos de experiência com leitores de tela. Configuração tecnológica: computador de mesa, Windows 7, NVDA 2017.2 e Chrome 60.
S ₃	Cego, 44 anos, professor de teatro. Mais de 10 anos de experiência com leitores de tela; porém, com baixa fluência no uso de computadores (segundo declaração do sujeito de pesquisa). Configuração tecnológica: computador de mesa, Windows 7, Jaws 18 e Chrome 60.
S ₄	Cego e com surdez moderada, 20 anos, graduando em Administração. Mais de 10 anos de experiência com leitores de tela. Configuração tecnológica: computador de mesa, Windows 7, NVDA 2017.2 e Firefox 56.
S ₅	Cego de um olho e com baixa visão do outro (visão limitada entre 1 e 1,5 m de distância), 20 anos, graduando em Análise de Sistemas. Mais de 10 anos de experiência com leitores de tela. Configuração tecnológica: computador de mesa, Windows 7, NVDA 2017.2 e Chrome 60.
S ₆	Vidente, 38 anos, formado em Ciência da Computação e Mestrado em Informática.
S ₇	Vidente, 53 anos, formado em Biologia e Doutorado em Educação

O resultado do estudo revelou um equilíbrio na participação entre usuários videntes e pessoas com DV. A média das mensagens redigidas por usuários com deficiência visual foi de 38,67% (S₁ - 36,17%; S₂ - 38,80%; S₃ - 38,09%; S₄ - 42,35%; S₅ - 37,93%). O sujeito S₃, que nunca havia participado de um *chat*, não teve problemas para interagir com os demais participantes. Assim sendo, concluiu-se que o sistema apresentou acessibilidade e usabilidade em nível aceitável. Vale ressaltar que S₁, o usuário mais experiente, escreveu frases maiores e, por isso, enviou um número menor de mensagens.

Com relação ao evento *receiving message*, escrito para notificar usuários com deficiência visual sobre mensagens recebidas, todos os sujeitos deste estudo declararam que essa funcionalidade era útil para eles perceberem a chegada de uma mensagem. No entanto, a fim de facilitar a navegação, os sujeitos S₁ e S₂ sugeriram que as mensagens recebidas fossem anunciadas automaticamente pelo sistema. Embora esse recurso tenha sido desenvolvido por meio de uma

região viva “assertiva” (*aria-live = "assertive"*), os testes mostraram que somente S₃ conseguiu aproveitar a leitura automática. Para explicar isso, foi reproduzido em laboratório o comportamento de usuários com deficiência visual, e concluiu-se que a região viva funcionava apenas no leitor de tela JAWS e em uma situação em que os usuários não estavam interagindo a partir do teclado. Com o intuito de entender por que apenas S₃ observou o recurso de mensagem de leitura automática, calculou-se a média de caracteres digitados em cada frase: 37,28 (S₁ - 61,44; S₂ - 60,92; S₃ - 13,50; S₄ - 32,27; S₅ - 21,57). Esses dados evidenciaram que S₃ foi o sujeito que apresentou as respostas mais curtas e que menos interagiu com o teclado; dessa forma, houve chance para que a região viva anunciasse automaticamente uma mensagem recebida. Assim, entende-se que, para usar uma região viva, é preciso realizar testes para garantir que esse recurso funcionará de acordo com o leitor de tela dos usuários e com o aplicativo Web. Esse ponto revelou uma fragilidade dos leitores de tela com a região viva, uma vez que pode ser difícil criar uma solução de percepção utilizando apenas essa tecnologia.

O elemento *connecting* foi projetado para identificar a disponibilidade dos participantes no sistema. Todos os sujeitos da pesquisa foram capazes de perceber a existência desse recurso e, conseqüentemente, a importância dessa interface sonora. No entanto, S₁ e S₂ sugeriram que o sistema deveria anunciar a lista com os nomes dos usuários registrados apenas no momento da entrada de um usuário no Sound Chat e, depois disso, o sistema poderia notificar o nome das pessoas que entrassem ou saíssem do sistema. Ainda que o elemento de percepção para o evento *connecting* tivesse se mostrado útil, S₁ e S₂ argumentaram que, para grupos maiores, a forma como essa funcionalidade foi pensada poderia causar desconforto ou sobrecarga. Percebeu-se necessário, portanto, redesenhar esses recursos para funcionar de maneira satisfatória com grandes e pequenos grupos de usuários.

O ícone auditivo usado para notificar sobre o evento da digitação (*typing*) foi avaliado como importante para sincronizar ações entre os usuários. Do mesmo modo, todos os sujeitos com deficiência visual consideraram pertinente o *earcon* que representa o evento *sending message*. Assim, ratifica-se a afirmação de Csapó e Wersényi (2013) quando afirmaram que as aplicações do mundo real devem usar uma conjunção de técnicas para construir interfaces sonoras.

Com a intenção de identificar os usuários que estavam gerando eventos, o Sound Chat usou um recurso de *text-to-speech* por meio da Web Speech API. Dessa forma, o navegador foi capaz de reproduzir uma voz diferente do leitor de tela dos usuários. S₁, S₂, S₃ e S₅ consideraram

importante esse recurso de identificação fornecido por meio do *text-to-speech* e não lhe atribuíram nenhum comentário negativo. Com base nos estudos sobre o *Cocktail Party Effect* (ARONS, 1992), Thiessen e Chen (THIESSSEN; CHEN, 2007) sugeriram que o uso de duas ou mais vozes poderia melhorar a acessibilidade para usuários com deficiência visual. No entanto, para S₄, que também tem surdez moderada, o som de duas vozes causou desconforto e certa confusão. Com esses resultados, concluiu-se que é necessária uma maior investigação para avaliar a possibilidade de combinar duas vozes distintas como um recurso de acessibilidade efetivo.

Apesar do Sound Chat utilizar um esquema de navegação sequencial entre as áreas do sistema por meio da tecla *tab* e do atributo do *tabindex*, S₅ observou a necessidade de se movimentar rapidamente entre as áreas do sistema (veja a Figura 8). Uma vez percebida a ação do outro, é necessário responder ao estímulo, o que muitas vezes conduz para uma ação de navegação. Assim, para oferecer uma melhor operação, é preciso instrumentalizar os usuários com atalhos que permitam movimentar rapidamente o cursor entre as regiões do sistema. Portanto, no intuito de promover uma equidade na participação entre videntes e pessoas com deficiência visual em sistemas colaborativos/cooperativos, possibilitar uma navegação rápida se configura como um recurso de acessibilidade tão importante quanto a percepção sonora.

Como pode ser observado, os estudos iniciais apontaram problemas de acessibilidade para pessoas com deficiência visual no Google Docs e no Word Online. Essas plataformas carecem de elementos que suportem a percepção desses indivíduos. Além disso, o segundo estudo revelou que, de forma geral, os elementos de percepção que foram aplicados no Sound Chat auxiliaram a interação dos sujeitos da pesquisa. Isso posto, como seguimento da pesquisa da tese, foi desenhado um cenário mais elaborado onde os sujeitos pudessem, além de interagir, também realizar atividades de escrita síncrona e cooperativa. Assim, as próximas seções do presente capítulo apresentam um detalhamento desse terceiro estudo.

4.3. COOPERATIVE EDITOR

No terceiro estudo desta tese, foi desenvolvida uma aplicação Web baseada na variação de uma prática de Aprendizagem Cooperativa (JOHNSON; JOHNSON; HOLUBEC, 1984) chamada *Circle of Writes – Take Turns* (Círculo de Escritores) (JACOBS; POWER; LOH, 2016). Nessa prática, os estudantes são dispostos em uma mesa para que uma folha de papel circule e receba as contribuições de cada estudante à realização de uma tarefa. O Círculo de Escritores se configura

como uma prática versátil, já que pode ser utilizada em diferentes áreas do conhecimento, como matemática, ciências, ciências sociais, línguas, entre outras. Por esse motivo, optou-se por construir uma aplicação Web que apoiasse esse gênero de práticas e que também servisse como um cenário desta pesquisa. Desse modo, foi desenvolvida uma aplicação Web batizada de Cooperative Editor (MACHADO et al., 2018), com a qual estudantes podem realizar atividades síncronas de escrita coletiva numa dinâmica parecida à do Círculo de Escritores. Dessa maneira, este sistema responde ao segundo objetivo específico desta tese: implementar um sistema Web que permita ações síncronas e cooperativas entre indivíduos com deficiência visual.

O Cooperative Editor não estabelece uma ordem circular pré-estabelecida para as contribuições dos membros de um grupo; portanto, para realizar uma tarefa, os usuários devem obrigatoriamente interagir a fim de coordenar suas ações. Por outro lado, o sistema oportuniza a participação de todos os membros de um grupo, pois permite que um indivíduo faça uma nova contribuição somente depois que todos os outros membros do grupo tenham tido sua vez de participar. Dessa forma, o Cooperative Editor direciona a prática para a realização de atividades síncronas de escrita coletiva alicerçada nas teorias de Aprendizagem Cooperativa, uma vez que promove a interação e também a interdependência entre seus usuários na realização de uma tarefa.

A interface principal do Cooperative Editor foi dividida em seis áreas: (1) a primeira área apresenta os usuários conectados ao sistema, o número de participações restantes e o *status* de cada membro do grupo — “contribuindo”, “livre” ou “aguardando uma próxima participação (bloqueado)” —; (2) a região do bate-papo textual atua como uma ferramenta de comunicação; (3) as opções de configuração possibilitam ajustes dos recursos sonoros; (4) o objetivo da tarefa orienta a atividade dos estudantes; (5) a área de rubricas funciona como instrumento de autorregulação da ação dos estudantes; (6) a área do editor armazena as contribuições dos usuários e também serve de recurso para a navegação em um histórico. A Figura 9 ilustra a interface principal do Cooperative Editor.

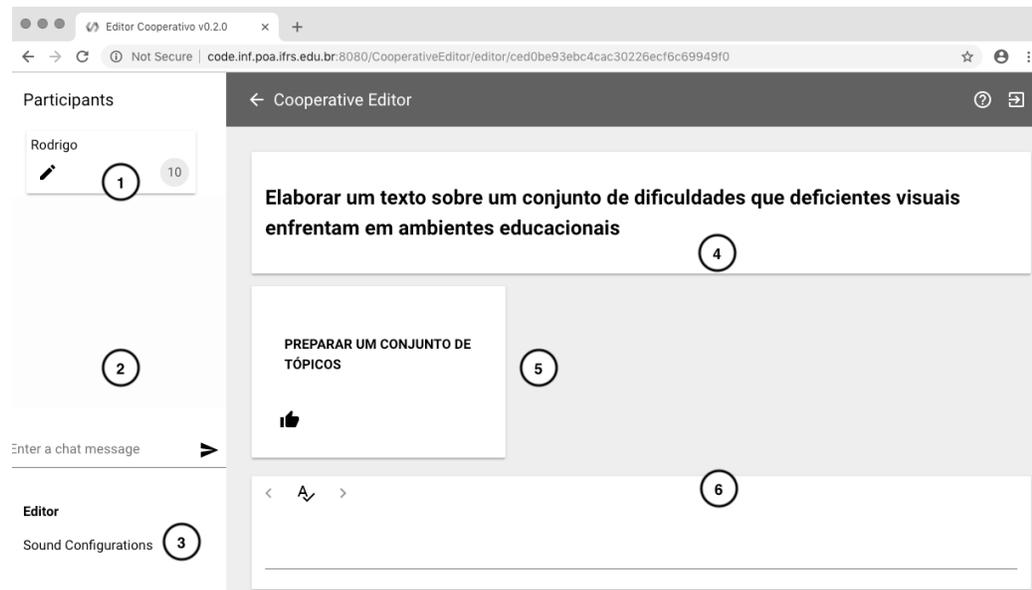


Figura 9 - Interface principal do Cooperative Editor.

Qualquer usuário cadastrado no sistema pode criar uma atividade. Para isso, devem ser informados o objetivo, os participantes, o número de contribuições e, facultativamente, um conjunto de rubricas. A fim de facilitar o acesso dos usuários e futuras integrações com outros sistemas, depois de criadas, as atividades são identificadas por URLs (*Uniform Resource Locator*).

Com o objetivo de se estabelecer uma equidade na colaboração entre pessoas com e sem deficiência visual, o editor Cooperative Editor implementa elementos visuais e sonoros de suporte à percepção baseando-se nas categorias discutidas por Antunes, Herskovic, Ochoa e Pino (2014). Para implementar os elementos de percepção sonoros, foram utilizados tanto ícones auditivos (GAVER, 1986) quanto *earcons* (BLATTNER; SUMIKAWA; GREENBERG, 1989). A Web Speech API (SHIRES; WENNBORG, 2012) suportada pelos navegadores também permitiu que fossem utilizados recursos de *text-to-speech* (TTS) no Cooperative Editor. Posteriormente, em uma segunda versão do sistema, foi utilizada a especificação *live regions* (DIGGS et al., 2016) como uma alternativa ao TTS.

A configuração inicial de cada elemento de percepção sonoro se deu com base nos estudos posteriores a este trabalho, como (SANTAROSA; CONFORTO; MACHADO, 2014) (MACHADO et al., 2017). Também foram reutilizados recursos de percepção compreendidos pelos usuários nos estudos anteriores, como, por exemplo, o som da digitação no teclado para indicar que alguém estava escrevendo na área do bate-papo.

O Cooperative Editor também disponibiliza um conjunto de teclas de atalhos que auxiliam os usuários, com e sem deficiência visual, a navegarem de forma não linear entre as regiões do sistema e solicitarem a descrição verbal do status de cada região. A decisão de se implementar teclas de atalho para a descrição das regiões da interface foi originada dos estudos de Sanchez & (2006) e Winberg (2006), que apontam nesse sentido. A escolha pelo desenvolvimento de teclas para apoiar a navegação não linear foi observada no segundo estudo dessa tese, o trabalho com o SoundChat (MACHADO et al., 2017).

Eventos de notificação sobre a ação dos participantes no sistema podem ocorrer em quatro das seis áreas da interface principal do Cooperative Editor: Participantes, Bate-papo, Rubricas e Editor. A área dos Participantes disponibiliza recursos de suporte à percepção para que os usuários (1) identifiquem os participantes conectados no momento da entrada (*login*) em uma atividade, (2) percebam quando alguém entrar ou sair da atividade, (3) recuperem a informação sobre os usuários que estejam conectados por meio de uma tecla de atalho e (4) acessem diretamente, por uma tecla de atalho, a área dos Participantes. A Tabela 9 detalha a implementação dos elementos de percepção escritos para a área dos Participantes classificando-os nas categorias de *awareness* descritas por Antunes, Herskovic, Ochoa e Pino (2014). Foram desenvolvidas duas versões para os elementos de suporte à percepção para as áreas do sistema.

Tabela 9 - Elementos de percepção sonoro da área dos Participantes

Evento	Categoria de Percepção	Resposta do sistema	
		Versão 1	Versão 2
Quando o usuário se conecta	<i>Availability, Who e Feedback</i>	Toca um som abstrato (<i>earcon</i>) que lembra uma sequência de notas +	Não alterado
		Fala o número de usuários conectados usando <i>text-to-speech</i> (TTS) +	
Quando outro usuário se	<i>Who, what e Feedthrough</i>	Fala por TTS a palavra “participante” ¹ . +	Não alterado
		Lista por TTS o nome de cada usuário conectado ao sistema	

¹ Todas as mensagens podem ser traduzidas/lidas em português, inglês e espanhol conforme a configuração do navegador dos usuários.

conecta ou se desconecta		+ Fala por TTS a palavra “entrou” ou “saiu”	
alt + shift + 1	<i>Who, What, Feedback, Coordinated activities e Access control</i>	Descreve por meio de TTS o nome, o número de rodadas e o <i>status</i> (“contribuindo”, “livre” ou “aguardando uma próxima rodada”) de cada participante conectado.	Não alterado
ctrl + 1	Operação e <i>Feedback</i>	Move o cursor para o início da lista dos usuários conectados + Toca um ícone auditivo que lembra o som de um tipo de vibração	Não alterado

Para a região do Bate-papo, foram desenvolvidos recursos para que os usuários (1) percebam o envio/entrega de uma mensagem, (2) notem o recebimento de uma mensagem, (3) identifiquem quando outro participante estiver digitando, (4) recuperem, por teclas de atalho, as últimas mensagens do bate-papo — funcionalidade inspirada na *Tally Queue* (THIESSEN; V; HOCKEMA, 2010) — e (5) acessem o Bate-papo por meio de uma tecla de atalho. A Tabela 10 detalha as implementações desenvolvidas para a área do Bate-papo desenvolvidas para as duas versões do sistema.

Tabela 10- Elementos de percepção sonoro da área do Bate-papo

Evento	Categoria	Resposta do sistema	
		Versão 1	Versão 2
Quando o usuário envia uma mensagem	<i>Message Delivery, What e Feedback</i>	Toca um ícone auditivo que lembra o som de uma bolha estourando	Toca um ícone auditivo que lembra o som de uma bolha estourando + Por meio da região viva, fala a mensagem enviada no seguinte formato: <nome do remetente> “disse” <mensagem>
Quando o usuário recebe uma mensagem	<i>Message Delivery, Who, What, Feedthrough e Voice cues</i>	Toca um ícone auditivo que lembra o som de uma bolha estourando + Fala o nome do remetente da mensagem por meio de TTS	Toca um ícone auditivo que lembra o som de uma bolha estourando + Por meio da região viva, fala a mensagem enviada no seguinte formato: <nome do remetente> “disse” <mensagem>
Quando outro usuário estiver digitando uma	<i>Who, What, Feedthrough e Parallel activities</i>	A cada 40 caracteres digitados por outro usuário, toca um ícone auditivo que lembra o som da digitação em um teclado	A cada 40 caracteres digitados por outro usuário, toca um ícone auditivo que lembra o som da digitação em um teclado +

mensagem no <i>chat</i>		+ A cada 120 caracteres digitados por outro usuário, fala por TTS o nome de quem está digitando	A cada 120 caracteres digitados por outro usuário, fala por TTS o nome de quem está digitando junto à palavra “digitando”
alt + number (de 1 até 9)	<i>Who, What e Feedback</i>	Lê por TTS as últimas <i>X</i> mensagens para o usuário, onde <i>X</i> representa o número desejado de 1 até 9	Não alterado
ctrl + 2	Operação e <i>Feedback</i>	Move o cursor do usuário até o campo de texto para a escrita de uma mensagem no bate-papo + Toca um ícone auditivo que remete ao som de uma vibração	Não alterado

Por sua vez, o componente que implementa a região das Rubricas possui um elemento de percepção responsável por notificar os participantes no momento em que algum colega concordou que o objetivo de uma rubrica foi atingido. Além disso, a região das Rubricas também possui uma tecla de atalho que ativa a descrição verbal de todas as rubricas juntamente com a informação de quais participantes indicaram o atingimento de cada objetivo. A Tabela 11 apresenta a implementação dessas funcionalidades.

Tabela 11 - Elementos de percepção sonoro da área das Rubricas

Evento	Categoria	Resposta do sistema	
		Versão 1	Versão 2
Quando um participante concorda que um objetivo foi atingido	<i>Who, What e Feedthrough</i>	Toca um som abstrato (<i>earcon</i>) que lembra um sino	Não alterado
		+ Anuncia por TTS o nome do usuário que concordou que um objetivo foi atingido	
alt + shift + 2	<i>Who, What, e Feedback</i>	Descreve por TTS quais usuários concordaram que o objetivo da rubrica foi alcançado	Não alterado

O componente Editor, região no sistema destinada à escrita colaborativa/cooperativa de textos, possui elementos de percepção para (1) notificar os outros participantes quando alguém começa e para de escrever um texto, (2) proporcionar *feedback* sonoro das funcionalidades de navegação do histórico de contribuições, (3) comunicar, de tempos em tempos, a atividade de um colega durante a escrita de um texto, (4) permitir a leitura verbal de todo o texto por meio de uma combinação de teclas que servem como um atalho e (4) navegar diretamente para a região do editor

também por um atalho. A Tabela 12 detalha os recursos de percepção desenvolvidos para as duas versões do sistema para a área do Editor.

Tabela 12 - Elementos de percepção sonora da área do Editor

Evento	Categoria	Resposta do Sistema	
		Versão 1	Versão 2
Quando um usuário começa a contribuir em um texto	<i>Who, What, Feedback, Coordinated activities e Access control</i> - para o próprio usuário	Toca um som abstrato (<i>earcon</i>) que lembra uma sequência de notas +	Toca um som abstrato (<i>earcon</i>) que lembra uma sequência de notas +
	ou <i>Who, What, Feedthrough, Coordinated activities e Access control</i> - para outro usuário	Por meio de TTS, fala o nome do usuário que começou a contribuir com o texto +	Por meio de uma região viva, fala o nome e o <i>status</i> (“contribuindo”, “livre” ou “bloqueado”) e o número de rodadas de cada usuário conectado +
Quando um usuário finaliza a sua contribuição com o texto	<i>Who, What, Feedback, Coordinated activities e Access control</i> - para o próprio usuário	Toca um som abstrato (<i>earcon</i>) que lembra uma sequência de notas +	Toca um som abstrato (<i>earcon</i>) que lembra uma sequência de notas +
	ou <i>Who, What, Feedthrough, Coordinated activities e Access control</i> - para outro usuário	Por meio de TTS, fala o nome do usuário que terminou de contribuir com o texto	Por meio de uma região viva, fala o nome e o <i>status</i> (“contribuindo”, “livre” ou “bloqueado”) e o número de rodadas de cada usuário conectado +
Quando o usuário habilita o histórico das contribuições	<i>What e Feedback</i>	Toca um ícone auditivo que lembra o som do choque entre duas bolas de bilhar	Não alterado

² A movimentação automática do cursor dos usuários ocorre apenas por uma ação dos próprios usuários, ao iniciar ou finalizar a sua contribuição.

Quando o usuário avança no histórico das contribuições	<i>Who, What, How e Feedback</i>	Toca um ícone auditivo que lembra o som do choque entre duas bolas de bilhar + Por meio de TTS, fala o número da contribuição numa sequência + Por meio de TTS, fala o nome do usuário que fez a contribuição	Não alterado
Quando o usuário retrocede no histórico das contribuições	<i>Who, What, How e Feedback</i>	Toca um ícone auditivo que lembra o som do choque entre duas bolas de bilhar + Fala por TTS o número da contribuição numa sequência + Fala por TTS o nome do usuário que fez a contribuição	Não alterado
Quando outro usuário estiver contribuindo com o texto	<i>Who, What, Feedthrough e Parallel activities</i>	A cada 100 caracteres digitados por outro usuário, informa por TTS que o colega está contribuindo com o texto + Atualiza o texto (produção colaborativa) para os demais usuários	
alt + shift + 3	<i>What e Feedback</i>	Realiza a leitura de todo o texto por meio de TTS	Não alterado
		Move o cursor do usuário para o campo de texto +	
ctrl + 3	<i>What e Feedback</i>	Toca um ícone auditivo que remete ao som de uma vibração	Não alterado

Como se pode observar, as principais alterações da primeira para a segunda versão do sistema envolveram a utilização das regiões vivas (DIGGS et al., 2016) no lugar do *text-to-speech* em algumas funcionalidades e a implementação de movimentações automática do cursor para melhorar a navegação e, logo, a operação no sistema.

4.3.1. Sujeitos da pesquisa do terceiro estudo

Os sujeitos da pesquisa do terceiro estudo utilizaram leitores de tela e sintetizadores de voz com os quais estavam familiarizados. Porém, como atualmente o Cooperative Editor oferece

suporte aos navegadores Chrome e Firefox, os usuários optaram por realizar as sessões de validação com o Chrome. A Tabela 13 descreve os sujeitos da pesquisa a partir da idade, formação, profissão, experiência com leitores de tela e configuração tecnológica.

Tabela 13 - Caracterização dos sujeitos de pesquisa

S ₁	Cego, 45 anos, graduado em Letras, professor de locomoção e teatro para pessoas com deficiência visual. Mais de 10 anos de experiência com leitores de tela. No entanto, o sujeito declarou ter baixa fluência no uso de computadores. Configuração tecnológica: computador de mesa, Windows 10, NVDA 2018.2, sintetizador Microsoft Speech API e Chrome 71.
S ₂	Cego, 30 anos, graduado em Administração. Mais de 10 anos de experiência com leitores de tela. Configuração tecnológica: computador de mesa, Windows 10, NVDA 2018.2, sintetizador Microsoft Speech API e Chrome 71.
S ₃	Cego e com surdez moderada, 21 anos, graduando em Administração, trabalha com questões relacionadas à acessibilidade de materiais didáticos. Mais de 10 anos de experiência com leitores de tela. Configuração tecnológica: computador de mesa, Windows 10, NVDA 2018.2, sintetizadores Microsoft Speech API/Eloquence e Chrome 71.
S ₄	Cego, 48 anos, graduado em Ciências da Computação e em Física, mestre em Ciência da Computação, trabalha na manutenção de supercomputadores. Mais de 10 anos de experiência com leitores de tela. Configuração tecnológica: computador de mesa, Windows 10, Jaws 18/2018, sintetizador Eloquence e Chrome 71.
S ₅	Vidente, 23 anos, graduado em Ciências Biológicas e mestrando em Biotecnologia. Configuração tecnológica: computador de mesa, Windows 10 e Chrome 71.

Vale destacar que, para o desenvolvimento desta pesquisa, os sujeitos concordaram em assinar um termo de consentimento em que dispuseram liberar os dados coletados para fins científicos.

4.3.2. Metodologia do terceiro estudo

A fim de avaliar a interação dos sujeitos com o Cooperative Editor, foi elaborado uma investigação composta por cinco fases subdivididas em até quatro sessões de teste. A motivação para que esse estudo fosse organizado em fases foi a de permitir uma familiarização dos sujeitos com o sistema e utilizar as fases iniciais para reduzir problemas de acessibilidade que pudessem influenciar nos resultados desta pesquisa. A investigação com o Cooperative Editor foi realizada durante cinco meses, entre setembro de 2018 e janeiro de 2019. Com a intenção de reduzir os

inconvenientes na rotina diária dos sujeitos, planejou-se prolongar o estudo, permitindo que cada fase pudesse ser realizada com intervalos de até um mês.

A primeira fase do estudo teve como objetivo principal testar a acessibilidade e iniciar a ambientação dos sujeitos da pesquisa no Cooperative Editor. Elaborou-se um roteiro de aproximadamente uma hora com cada sujeito que compreendia quatro momentos distintos: (1) por meio de uma conversa informal, foi apresentado o Cooperative Editor para os sujeitos a fim de evidenciar o seu propósito e suas funcionalidades. (2) Em seguida, foi solicitado que os sujeitos navegassem livremente pelo sistema e, usando a técnica de *Think Aloud* (CHARTERS, 2003), descrevessem sua experiência. (3) No terceiro momento, foi solicitado que os sujeitos testassem as teclas de atalho do Cooperative Editor. O objetivo desse teste foi identificar se as combinações de teclas eram adequadas e também avaliar se os resultados das funcionalidades seriam produzidos. (4) Finalmente, foram apresentadas todas as notificações associadas aos eventos do sistema e, então, eles foram perguntados sobre a adequação do tipo de áudio e do volume aos eventos.

A segunda fase do estudo visou continuar a familiarização dos sujeitos com o Cooperative Editor, mas agora por meio da realização de uma primeira atividade de escrita síncrona e coletiva. Por isso, foram planejadas sessões de validação do sistema entre cada sujeito e o pesquisador. Como parte da tarefa, um dia antes da sessão, foi acordado com os sujeitos um tema para a elaboração do texto.

A terceira fase do estudo foi concebida de forma a permitir a interação de duas pessoas com deficiência visual por meio do sistema com o objetivo de redigir um novo texto de forma síncrona. Nessa fase, os sujeitos foram convidados a escrever sobre problemas enfrentados por pessoas com deficiência visual em ambientes escolares. Apesar da tarefa solicitar uma produção síncrona e coletiva entre dois sujeitos com deficiência visual, o pesquisador interagiu com os sujeitos pelo bate-papo para mediar a ação e responder eventuais dúvidas. Dessa forma, formaram-se dois grupos de três sujeitos: (1) S₁, S₂ e pesquisador; (2) S₃, S₄ e pesquisador. A escolha dos grupos foi feita pelo pesquisador com base na experiência declarada pelos sujeitos no uso diário de leitores de tela e nos dados de interação com o sistema observados nas duas etapas anteriores.

Na quarta fase, foram avaliadas outras implementações dos elementos de percepção e operação do sistema. Nessa etapa, alguns elementos de percepção que utilizavam *text-to-speech* foram substituídos por regiões vivas. Além disso, duas movimentações automáticas de cursor foram implementadas para auxiliar os sujeitos na navegação do sistema (Tabela 12). Os grupos da

terceira fase foram mantidos, porém sem a presença do pesquisador no bate-papo, isto é, a tarefa de escrita síncrona coletiva entre os sujeitos (S_1 e S_2) e (S_3 e S_4) não contou com nenhuma mediação ou suporte para resolução de dúvidas. As duplas foram convidadas a aprofundar o debate sobre um único tópico a respeito dos problemas enfrentados por pessoas com deficiência visual em ambientes escolares dentre aqueles enumerados na etapa anterior.

Finalmente, a quinta e última fase foi concebida com a intenção de simular um cenário onde os participantes de uma atividade em grupo estivessem remotamente distribuídos. Um grupo de três sujeitos com deficiência visual (S_2 , S_3 e S_4) e um vidente (S_5) foi formado para participar da sessão de validação. A partir dos dados de interação com o sistema alcançados nas fases anteriores e da experiência de uso diário de leitores de tela dos sujeitos, entendeu-se que os três sujeitos com deficiência visual (S_2 , S_3 e S_4) comporiam um grupo homogêneo, e esse foi o principal critério adotado para a sua formação. Por sua vez, S_5 passou por um treinamento prévio de 60 minutos no Cooperative Editor, em que teve a oportunidade de realizar uma atividade de escrita síncrona com outro vidente. Além disso, S_5 foi informado que os outros integrantes do grupo eram pessoas com deficiência visual em uma entrevista realizada apenas após o término da sessão de validação.

Para a realização da validação, foram combinadas data e hora da conexão remota de todos os participantes ao Cooperative Editor. Caso ocorresse alguma complicação durante a sessão, acordou-se que o WhatsApp serviria como um canal de comunicação alternativo. Não foram dadas instruções sobre qual equipamento cada participante deveria utilizar; a única restrição era quanto à utilização dos navegadores Chrome e Firefox, que atualmente suportam o Cooperative Editor. Os participantes foram orientados a construir uma história de forma síncrona e coletiva por meio do sistema; entretanto, não foi definido um tema, parte da tarefa era fazer os participantes interagirem a fim de encontrar um tópico para o texto.

Durante as fases 1, 2, 3 e 4 do estudo, os sujeitos permaneceram numa mesma sala junto aos pesquisadores, mas foram orientados a não realizarem comunicação verbal durante as sessões de validação. Nestas fases os sujeitos utilizaram fones de ouvido, ou seja, foi evitado que os sujeitos escutassem o som produzido pelo computador do colega. Apesar de previamente planejadas para durar 60 minutos, não houve um rigor quanto ao tempo das sessões. Devido ao distanciamento temporal planejado entre as fases do estudo, no início de cada sessão, os sujeitos da pesquisa foram lembrados sobre as funcionalidades do sistema e também sobre as teclas de atalhos disponíveis.

A Tabela 14 apresenta um resumo sobre todas as fases, sessões e tarefas do estudo realizado com o Cooperative Editor.

Tabela 14 - Resumo da composição do estudo com o Cooperative Editor

Fase	Sujeito e sessão	Versão do sistema	Tarefa
1	S ₁	Inicial	Explicação sobre o sistema
	S ₂		Exploração livre do sistema com o objetivo de testar a navegação
	S ₃		Teste das combinações das teclas de atalhos
	S ₄		Teste das configurações das notificações
2	S ₁ e pesquisador	1	Um dia antes da sessão de teste, os sujeitos da pesquisa foram convidados a escolher um tópico que proporcionasse um debate. Em seguida, a tarefa foi escrever um texto de maneira síncrona e colaborativa.
	S ₂ e pesquisador		
	S ₃ e pesquisador		
	S ₄ e pesquisador		
3	S ₁ , S ₂ e pesquisador	1	Os grupos foram solicitados a escrever um texto de forma síncrona e colaborativa sobre os problemas enfrentados por pessoas com deficiência visual em ambientes escolares.
	S ₃ , S ₄ e pesquisador		
4	S ₁ e S ₂	2	As duplas foram convidadas a escrever um texto de forma síncrona e colaborativa aprofundando um dos problemas enfrentados por pessoas com deficiência visual em ambientes escolares levantados na etapa anterior.
	S ₃ e S ₄		
5	S ₂ , S ₃ , S ₄ e S ₅	2	A tarefa do grupo compreendia interagir no sistema a fim de escolher um tema que proporcionasse um debate e escrever um texto de maneira síncrona e colaborativa.

4.3.3. Coleta dos dados do terceiro estudo

Todas as interações dos sujeitos com o Cooperative Editor foram gravadas em vídeo utilizando-se placas de captura do modelo Elgato HD60s. Com essa placa, foi possível capturar a tela do computador do sujeito de pesquisa de maneira que se pudesse visualizar a interação com o sistema e escutar o leitor de tela. Além disso, a placa permitiu a captura da imagem e da fala do sujeito. Dessa forma, houve a possibilidade de editar um único vídeo que combinava três camadas: (1) a tela do computador do sujeito, que forneceu a visualização da movimentação dos cursores,

(2) o áudio do computador, que possibilitou ouvir o leitor de tela durante a interação e (3) o vídeo do sujeito, que proporcionou os comentários provenientes da interação com o sistema em cada sessão. A Figura 10 apresenta a captura de um vídeo produzido que serviu como dado para essa pesquisa.

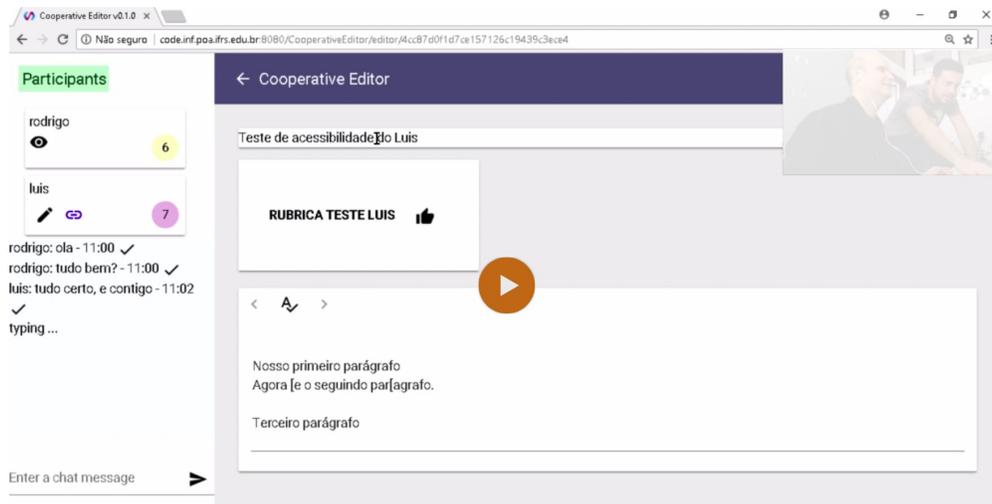


Figura 10 - Exemplo de vídeo capturado em uma sessão de teste no Cooperative Editor

A interação dos sujeitos com o Cooperative Editor em cada sessão também gerou um conjunto de dados (*log*) que foram armazenados em um banco de dados. Entre as informações armazenadas, é possível destacar: o texto resultante, as mensagens do bate-papo, o número de caracteres digitado no bate-papo, o número de vezes que cada usuário saiu e entrou no sistema, o número de vezes que as teclas de atalho foram utilizadas e o número de movimentações do cursor do usuário, contabilizado quando um objeto da interface do HTML perdia o foco (evento *onblur*).

No final da sessão de teste da fase cinco, foram enviadas algumas perguntas para todos os sujeitos por meio do WhatsApp. Para S₅ (sujeito vidente), foi perguntado se era possível reconhecer os sujeitos com deficiência visual que participaram da sessão. Para os sujeitos com deficiência visual, foi encaminhado o conjunto de dez questões conforme apresenta o

Quadro 1. Os sujeitos retornaram as respostas em áudio no dia seguinte à sessão realizada ao final da fase cinco.

Quadro 1 - Questionário encaminhado aos sujeitos da pesquisa no final da fase 5

1. Como você reconhecia a entrada ou a saída de um colega da sala?
2. Existia um som para quando você recebia uma mensagem? Que som era esse?
3. Quando chegava uma mensagem, ela era lida automaticamente para você?
4. Como você reconhecia que uma pessoa estava digitando no bate-papo?
5. Existia um som para quando alguém digitava no texto? Que som era esse?
6. Como você reconhecia que a contribuição do colega iniciava?
7. Como você percebia que a contribuição do colega terminava?
8. Você acredita que o número de notificações era excessivo?
9. Existia alguma notificação que perturbava você?
10. O que você melhoraria no sistema em termos de notificações?

4.3.4. Análise dos dados do terceiro estudo

Os dados coletados durante o estudo com o Cooperative Editor permitiram elaborar e investigar três questões de pesquisa. Para cada questão, foram relacionadas as fases de coleta dos dados e os métodos de análise de dados dispostos na Tabela 15.

Tabela 15 - Questões de pesquisa e métodos de análise de dados

Questão de pesquisa	Fase	Instrumentos e método de análise
As tarefas de escrita síncrona realizadas no sistema foram completadas?	1, 2, 3, 4 e 5	Transcrição dos vídeos e análise textual discursiva (MORAES, 2003) Identificação do número de Coordenação, Antecipação e Assistência (GUTWIN; GREENBERG, 2002)
De que forma as implementações dos elementos de suporte à percepção sonora auxiliaram/prejudicaram os sujeitos na realização das tarefas de escrita síncrona no sistema?	2, 3, 4 e 5	Métrica sobre a qualidade do suporte à percepção em aplicações colaborativa (ANTUNES et al., 2014) Transcrição dos vídeos e análise textual discursiva (MORAES, 2003) Respostas das entrevistas da fase cinco detalhadas no Quadro 1
Como se estabeleceu a colaboração e/ou cooperação entre os sujeitos durante o desenvolvimento da tarefa?	3 e 4	Contribuições, interações e reflexões dos sujeitos (JIMOYIANNIS; ROUSSINOS, 2017)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO DO TERCEIRO ESTUDO

Na intenção de responder ao terceiro objetivo específico desta tese, investigar a interação entre sujeitos com deficiência visual e um sistema Web síncrono e cooperativo, os resultados e a discussão do terceiro estudo foram organizados a partir das três questões de pesquisa listadas a seguir.

1. As tarefas de escrita síncrona realizadas no sistema foram completadas?
2. De que forma as implementações dos elementos de suporte à percepção sonora auxiliaram/prejudicaram os sujeitos na realização das tarefas de escrita síncrona no sistema?
3. Como se estabeleceu a colaboração e/ou cooperação entre os sujeitos durante o desenvolvimento da tarefa?

Dessa maneira, na seção que responde à primeira pergunta, discute-se se o Cooperative Editor possibilitou ou não que os sujeitos com deficiência visual completassem as tarefas propostas. Na seção correspondente à segunda questão são debatidos temas de natureza técnica, como, por exemplo, as questões relacionadas à implementação dos elementos de suporte à percepção sonora. Na seção dedicada à terceira pergunta, examina-se o tipo de trabalho síncrono e coletivo estabelecido pelos sujeitos por meio da interação proporcionada pelo sistema.

5.1. PRIMEIRA QUESTÃO DE PESQUISA

O Cooperative Editor foi pensado para possibilitar atividades de escrita síncrona e cooperativa na Web; portanto, as tarefas nesse sistema tinham que obrigatoriamente acontecer no contexto de um trabalho em grupo com a presença de pessoas com deficiência visual. No entanto, como garantir que eventuais problemas de acessibilidade não causassem uma interferência nos dados coletados? Além disso, sabia-se previamente que os sujeitos da pesquisa nunca tinham utilizado um sistema desse gênero; portanto, não possuíam nenhuma referência prévia. Houve a necessidade então de, inicialmente, familiarizar os sujeitos com o sistema para tornar mais fácil a identificação de possíveis falhas na execução das atividades.

Dessa forma, a primeira fase do estudo com o Cooperative Editor teve o objetivo de identificar problemas de acessibilidade e também familiarizar os sujeitos com o sistema. Assim, após receberem uma explicação geral sobre o Cooperative Editor, os sujeitos tiveram a

oportunidade de explorar livremente o sistema, testar as teclas de atalho e validar os sons utilizados nas notificações. A próxima seção apresenta os problemas que foram encontrados nesse processo e, logo, as soluções adotadas.

5.1.1. Resultados dos testes da primeira fase

Os resultados e a discussão desta primeira fase surgiram a partir de uma investigação conduzida pelo método de análise textual discursiva (MORAES, 2003). Os vídeos gravados durante a interação dos sujeitos com o sistema entre as fases um e cinco foram utilizados para criar um conjunto de elementos textuais unitários referentes à transcrição das falas e também a observações sobre a interação dos sujeitos com o sistema. Esse conjunto de elementos textuais unitários foi então relacionado a fim de conceber uma base categorizada de dados para apoiar algumas das discussões realizadas nesta tese.

Inicialmente, cabe ressaltar que todos os sujeitos completaram os testes propostos, isto é, não houve problemas técnicos ou de interação. Durante a fase de preparação dos sujeitos para as etapas posteriores, coletou-se o tempo no qual cada um interagiu com o sistema, o que revelou um dado importante: S₁: 64 min; S₂: 67 min; S₃: 74 min; e S₄: 22 min. O fato de S₄ ter interagido menos que os demais se deu por dois motivos: (1) S₄ não tinha muito tempo disponível naquele momento; (2) tratava-se de um sujeito com experiência no uso de computadores; portanto, conseguia executar as tarefas rapidamente. Assim, entendeu-se que não foi um problema S₄ ter interagido menos que os demais sujeitos.

Com relação às sessões de teste, logo no início da sua, S₄ verbalizou suas preocupações a respeito dos testes. Segundo o sujeito, a falta de familiaridade com esse tipo de sistema poderia interferir nos dados coletados: “vou te dizer uma coisa: a primeira coisa que deve ser feita antes de fazer um teste é preparar a pessoa”, “é muito detalhezinho, mais complexo; a pessoa tem que entender o conceito”, “esse tipo de ambiente eu nunca usei” [Relatos — S₄]. Além disso, S₄ também comentou sobre sua dificuldade em utilizar o Google Docs: “esses dias eu estava vendo o Google Docs; eu não consegui usar”, “no Google Docs, você não tem a percepção espacial do texto”, “a acessibilidade das ferramentas do Google ao meu ver são muito precárias” [Relatos — S₄]. Dessa maneira, os relatos de S₄ corroboram com a ideia de que inicialmente se fazia necessário familiarizar os sujeitos da pesquisa antes de se propor uma tarefa de escrita síncrona e coletiva.

Do mesmo modo, durante a explicação do sistema na fase um, S₃, que na ocasião fazia faculdade a distância, relatou que não conhecia ferramentas que proporcionassem uma interação síncrona com seus colegas: “acho que o sistema se encaixa no que a gente vive hoje: uma crescente da educação a distância”, “atualmente não é viável fazer trabalho em grupo a distância” [Relatos — S₃]. É interessante considerar que S₃, sujeito sem experiência em atividades em grupo de maneira síncrona e remota, tenha projetado um uso para o sistema.

Na fase um, os sujeitos tiveram a oportunidade de navegar pelo sistema, testar os atalhos e escutar as notificações. O primeiro problema encontrado foram os rótulos dos elementos da interface. S₂ notou a ausência de um rótulo que deixasse explícito o objetivo da tarefa. No entanto, o principal problema com os rótulos estava relacionado à nomenclatura, que dificultava a compreensão dos sujeitos em relação ao funcionamento do sistema.

A área dos participantes indica os usuários conectados ao sistema, seus *status* e o número de rodadas (participações) restantes. Cada usuário da lista de participantes possuía um rótulo que continha a expressão “número de participações x ”, onde x se referia ao número de intervenções no texto restantes. Porém, tanto S₂ quanto S₃ expressaram verbalmente suas dificuldades para compreender o significado da palavra “participação” e, conseqüentemente, a lógica de funcionamento do sistema. Dessa forma, houve a necessidade de se realizar uma nova explicação sobre o sistema aos sujeitos. Durante essa conversa, a palavra “rodada” pareceu ser melhor compreendida. Como resultado, o rótulo “número de participações x ” foi substituído por “número de rodadas x ”, o que tornou mais simples aos sujeitos a compreensão da mecânica do sistema.

Ainda na primeira fase, as teclas de atalho podiam ser utilizadas por meio das teclas ctrl ou shift junto a uma das setas do teclado (cima, baixo, esquerda e direita). Posteriormente, notou-se que o Jaws usava algumas dessas combinações para prover recursos de leitura a seus usuários. Portanto, resultou difícil encontrar uma combinação de teclas disponível, uma vez que, juntos, os leitores de tela ocupavam uma grande quantidade de combinações do teclado. Além disso, um dos requisitos desejáveis do projeto era facilitar a memorização das combinações de teclas por parte dos usuários.

Pensando nisso, foi utilizada uma combinação de teclas com um número para representar uma região do sistema. Por exemplo, a tecla Ctrl somada ao número 1 passou a movimentar o cursor do usuário para a área dos participantes. Desse modo, foi estabelecida uma convenção baseada na navegação natural dos leitores de tela: 1 — participantes, 2 — bate-papo e 3 — editor.

Com isso, descobriu-se um conjunto de combinações de teclas disponíveis e também se tentou instituir uma forma de fazer os sujeitos se lembrarem das teclas de atalho disponíveis. Ainda sobre a questão das teclas de atalho, S₂ comentou que poderia ser interessante haver uma combinação que realizasse a leitura de todo o texto elaborado pelo grupo. O sistema então foi atualizado de forma a atender à sugestão de S₂.

Em relação aos ícones auditivos e *earcons* utilizados no sistema, foram escolhidos áudios que evitassem sons desconfortáveis, como ruídos metálicos. Apenas o ícone auditivo que simula o som de digitação em um teclado foi utilizado. Todos os outros sinais sonoros eram *earcons* (abstratos). Assim, os usuários aprendiam os significados dos sons por meio da interação com o sistema.

Os arquivos de áudio foram baixados do *site notificationsounds.com* no formato MP3 e todos possuíam licença Creative Commons. Inicialmente, utilizaram-se os arquivos em sua configuração original; entretanto, já na primeira sessão de validação realizada com S₄, observou-se que o volume dos sinais sonoros no Windows 10 estava muito alto. A combinação Chrome e Windows produziu um volume diferente daquele observado no ambiente de desenvolvimento do sistema composto pelo Safari e OSX. Por esse motivo, foi necessário ajustar o ganho para que os áudios pudessem ser percebidos tanto no Windows quanto no OSX.

Nas sessões posteriores, no entanto, S₁ e S₂ não perceberam o *earcon* de recebimento de mensagem. Foi necessária, portanto, uma nova adequação do áudio para que ficasse em uma região de ganho adequada, entre -12 e -6 dB. A título de informação, todos os arquivos de som possuíam uma frequência de 44100 Hz e todos os áudios estavam em mono. A Tabela 16 ilustra os eventos do sistema com a respectiva duração de cada som no Cooperative Editor.

Tabela 16 – Duração dos sons no Cooperative Editor

Evento	Duração
Quando o usuário se conecta/desconecta	1,3 s
Quando o usuário envia/recebe uma mensagem	0,1 s

Quando outro usuário estiver digitando uma mensagem no <i>chat</i>	1 s
Quando um usuário começa a contribuir em um texto	1 s
Quando um usuário termina sua contribuição	0,9 s
<i>Feedback</i> da movimentação	0,5 s
Movimentação	

Outro ponto observado nessa fase foram os comentários de S₃ e S₄ sobre a necessidade de se implementar um elemento de percepção que, de tempos em tempos, informasse se o colega continuava escrevendo na área de texto. Os comentários dos sujeitos levaram a equipe de desenvolvimento a criar uma solução que contava um determinado número de caracteres digitados na área de texto. Assim, quando o número chegava em 100, o sistema anunciava por meio de TTS aos demais participantes: “x está contribuindo com o texto”, onde x se refere ao nome do usuário que está escrevendo.

Como pôde ser observado, a primeira fase teve papel importante para qualificar o cenário da pesquisa. Destacam-se as contribuições dos sujeitos no processo de identificação de falhas e também nas sugestões de melhorias para o sistema. Além disso, esse movimento de exploração oportunizou uma primeira interação dos sujeitos com o sistema e também auxiliou na redução de falhas que poderiam prejudicar no momento da realização de uma atividade de escrita síncrona e cooperativa no sistema. A próxima seção discute sobre os resultados obtidos nas atividades de escrita síncrona.

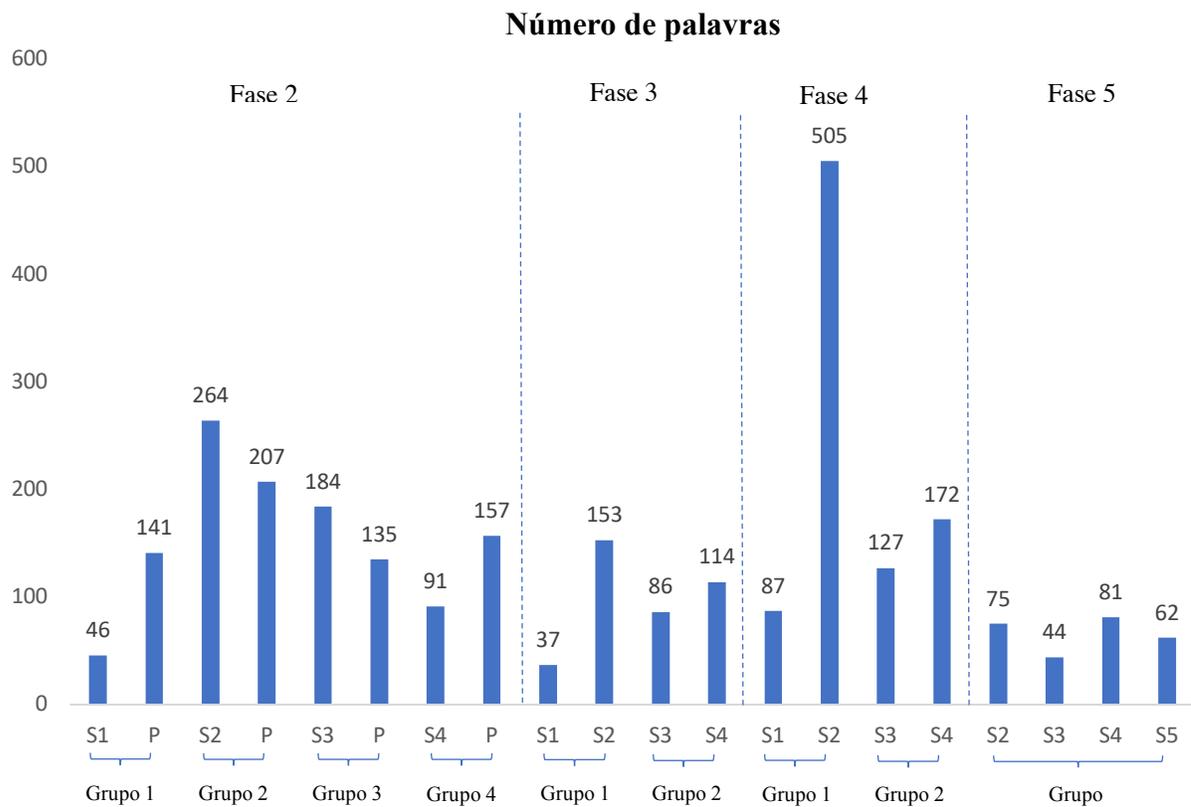
5.1.2. Resultados e discussão sobre a primeira questão de pesquisa

Como visto anteriormente, com a exceção da primeira, todas as outras fases do estudo com o Cooperative Editor envolveram algum tipo de atividade de escrita síncrona e coletiva. Na fase dois, os sujeitos escreveram o texto com o pesquisador; nas fases três e quatro, a redação foi feita entre os sujeitos; na cinco, o texto foi elaborado por um grupo de quatro participantes remotamente distribuídos.

A primeira questão de pesquisa se mostrou central para a realização desta primeira análise: As tarefas de escrita síncrona realizadas no sistema foram completadas? Apesar de parecer uma pergunta de resposta simples, a investigação desta tese foi originada das observações da fragilidade de interação entre os sujeitos com deficiência visual e o Quadro Branco (SANTAROSA; CONFORTO; MACHADO, 2014), portanto, sabia-se do risco dos sujeitos não completarem as atividades propostas.

O primeiro e talvez mais importante resultado foi que, em todas as sessões do estudo com o Cooperative Editor, os sujeitos conseguiram realizar os testes e as atividades propostas. As sessões duraram, em média, 91,19 minutos. Ao todo, foram escritos 9 textos que, em média, tinham 307,8 palavras. O Gráfico 1 apresenta a relação entre os sujeitos e o número de palavras escritas em cada fase do estudo; neste gráfico, P representa o pesquisador.

Gráfico 1 - Número de palavras escritas no texto pelos sujeitos



Na fase dois, S₁, que é professor de locomoção e teatro para pessoas com deficiência visual e, portanto, pouco interage com computadores no seu cotidiano, conseguiu utilizar o sistema e fazer suas contribuições no texto escrevendo 46 palavras. Num primeiro momento, S₁ ficou um pouco confuso por não se lembrar da mecânica do sistema e acabou escrevendo um fragmento de texto no bate-papo. Nesse momento, a sessão foi interrompida, e o sistema foi novamente explicado para o sujeito. Após essa orientação, a sessão decorreu normalmente. Apesar da quantidade de palavras escritas do S₁ parecer pequena (46), esse resultado se revelou importante: S₁ conseguiu navegar, conversar no bate-papo, combinar/coordenar a atividade de escrita, solicitar uma participação no texto e, o mais importante, fazer suas contribuições no texto.

A dupla formada por S₁ e S₂ mostrou ser heterogênea do ponto de vista da quantidade de palavras escritas por cada sujeito no texto. Por outro lado, S₃ e S₄ dividiram de uma maneira mais homogênea o trabalho de escrita. Esse dado demonstra que o estudo foi realizado com grupos com perfis distintos e, mesmo na situação heterogênea, os sujeitos conseguiram escrever um texto de maneira síncrona e coletiva.

Na fase três, o pesquisador estava presente no bate-papo para auxiliar os sujeitos no caso de haver problemas técnicos e para orientar sobre a atividade. Na fase quatro, com os sujeitos trabalhando sem nenhum tipo de auxílio do pesquisador, imaginava-se que a quantidade de palavras escritas poderia diminuir. Observou-se, no entanto, que os sujeitos operaram o sistema sem maiores dificuldades, e os dois grupos inclusive escreveram mais do que na fase anterior, como pode ser observado da soma dos dados do Gráfico 1.

Outro resultado importante foi o surgimento de evidências indicando que o sistema proporcionou equidade na participação entre sujeitos com deficiência visual e um vidente. Na fase dois, o Gráfico 1 revela que tanto S₂ quanto S₃ escreveram mais texto que o pesquisador. Da mesma forma, a tabela também mostra que, na fase cinco, S₂ e S₄ escreveram mais do que o sujeito vidente S₅.

Além disso, no final da sessão de teste da fase cinco, foi solicitado que S₅ tentasse identificar os sujeitos com deficiência visual. S₅ presumiu que apenas S₂, por ter cometido alguns erros de digitação no texto, era um sujeito com deficiência visual. Nada foi mencionado acerca dos outros dois sujeitos, S₃ e S₄, que também estavam presentes na realização da tarefa. A resposta de S₅

revelou mais uma evidência sobre a capacidade do sistema de proporcionar que os sujeitos terminem suas tarefas numa condição de equidade na participação entre videntes e pessoas com deficiência visual.

Apesar dos textos escritos pelos sujeitos demonstrarem uma evidência clara do sucesso da realização das atividades de escrita por intermédio do sistema, a próxima seção avalia outro aspecto do trabalho realizado pelos grupos durante o estudo.

5.1.2.1. Assistência e Coordenação

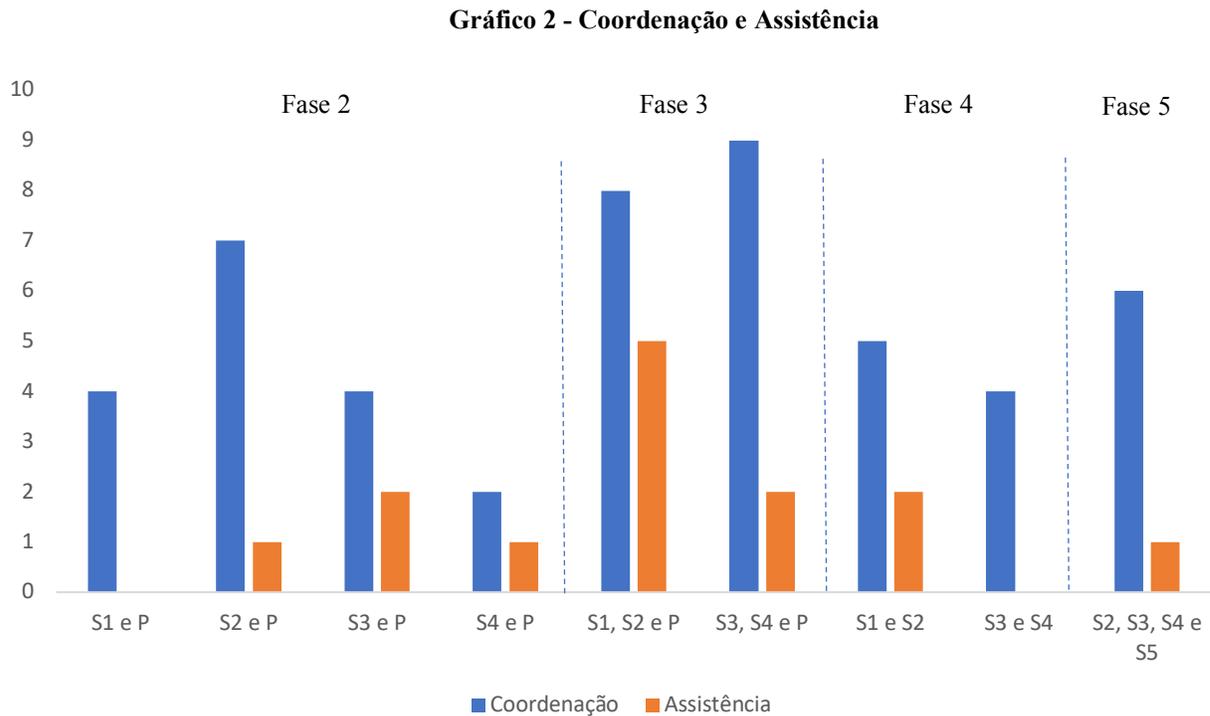
Segundo Gutwin e Greenberg (2002), durante a realização de uma atividade colaborativa, pode-se notar o surgimento de ações secundárias que contribuem para o progresso da tarefa principal; entre elas estão a Assistência (GUTWIN; GREENBERG, 2002) e a Coordenação (GREENBERG; MARWOOD, 1994). Assim, se o sistema proporcionou uma atividade de escrita coletiva, naturalmente existiram rastros da ocorrência da Coordenação e da Assistência. Esses dois conceitos foram escolhidos como categorias e como uma forma de métrica, uma vez que as mensagens trocadas no bate-papo podiam ser contabilizadas para esse propósito.

Assim, tentou-se identificar trechos das mensagens capazes de demonstrar que os sujeitos estavam coordenando suas ações e também prestando algum tipo de auxílio ao colega com quem interagem. O Quadro 2 apresenta exemplos de trechos de Coordenação e Assistência extraídos das conversas no bate-papo.

Quadro 2 – Exemplos de Coordenação e Assistência

<p>Coordenação:</p> <p>S₃: <i>Escrevi o título e uma frase</i></p> <p>S₄: <i>Quem quer continuar?</i></p> <p>S₅: <i>Vou continuar</i></p> <p>S₂: <i>ok, após poderei contribuir?</i></p>
<p>Assistência:</p> <p>S₂: <i>estou te aguardando</i></p> <p>S₂: <i>tu tem que clicar ctrl 3 para editar!</i></p>

O Gráfico 2 apresenta os resultados da identificação das atividades de Coordenação e Assistência obtidos em cada fase do estudo.



Devido à natureza do Cooperative Editor, que não define uma ordem de participação, os sujeitos deveriam necessariamente coordenar suas ações para poder escrever o texto. Em vista disso, o Gráfico 2 mostra a quantidade de vezes que foi observada alguma ação de coordenação em cada etapa. Os dados de coordenação revelam a ocorrência de trocas de mensagens entre os sujeitos a fim de organizar e completar as tarefas de escrita.

Por outro lado, as informações sobre a Assistência demonstram que os sujeitos também prestaram auxílio uns aos outros. Para fazer isso, os sujeitos deviam perceber o contexto do colega, isto é, precisavam estar atentos às mensagens do bate-papo e também aos sinais transmitidos pelo sistema. Em apenas duas sessões não foram encontrados traços de Assistência. Ou seja, em 7 das 9 sessões foi possível identificar pelo menos uma ação de Assistência. Portanto, os dados obtidos referentes à Assistência demonstram que, ao possibilitar aos sujeitos a percepção do contexto do colega, o sistema ofereceu mais uma possibilidade para que os sujeitos completassem as tarefas propostas.

Contudo, cabe lembrar que a primeira preocupação do estudo com o Cooperative Editor era a de verificar se os sujeitos conseguiram completar as tarefas no sistema. Como pôde ser observado, existe um grande conjunto de evidências demonstrando que os sujeitos foram capazes de completar as tarefas e que, conseqüentemente, as escolhas realizadas durante o projeto e a implementação tornaram o Cooperavite Editor acessível, o que apontou a um caminho possível para a inclusão de sujeitos com deficiência visual nesse tipo de sistema.

5.2. SEGUNDA QUESTÃO DE PESQUISA

Esta seção responde à questão: De que forma as implementações dos elementos de suporte à percepção sonora auxiliaram/prejudicaram os sujeitos na realização das tarefas de escrita síncrona no sistema? As próximas subseções, portanto, discutem temas de natureza técnica, como elementos de suporte à percepção sonora, *text-to-speech*, regiões vivas, utilização de atalhos e movimentos do cursor.

5.2.1. Resultados e discussão sobre a implementação dos elementos de suporte à percepção sonora

A presente seção tem o objetivo de discutir sobre a interação entre os sujeitos com deficiência visual e o Cooperative Editor mediante as implementações dos elementos de suporte à percepção sonora. Conforme o conceito de *workspace awareness* detalhado em Antunes, Herskovic, Ochoa e Pino (2014) foram implementados, no Cooperative Editor, diversos recursos de suporte à percepção, conforme ilustra a Tabela 17.

Tabela 17 - *Workspace awareness* no Cooperative Editor

Categoria	Elemento	Cooperative Editor
Disponibilidade	Disponibilidade	✓
	Modo de comunicação	✓
Comunicação	Conectividade da rede	×
	Entrega das mensagens	✓
	Atraso das mensagens	×
	Quem, o quê, onde, quando e como	✓
Tarefa	Histórico	✓

Interação	<i>Feedback</i>	✓
	<i>Feedthrough</i>	✓
	<i>Backchannel feedback</i>	○
	Pistas de olhar	○
	Pistas de falas	✓
Interdependência	Atividades paralelas	✓
	Atividades coordenadas	✓
	Controle de acesso	✓
	Atividades ajustadas mutuamente	○

✓ — Suportado; × — não suportado; ○ — não se aplica.

Fonte: autores

Apesar do Cooperative Editor não implementar dois elementos de suporte à percepção da categoria comunicação, retirando-se aqueles elementos que não se aplicam no contexto desse sistema, chega-se 83,33% de funcionalidades relativa à teoria de *workspace awareness* foram desenvolvidas; dessa forma, pode-se considerar que o sistema apresentou um suporte adequado às questões de percepção no espaço de trabalho.

Durante o desenvolvimento do Cooperative Editor, não se sabia se as categorias de *workspace awareness* cobririam todas as situações referentes à construção de um sistema com suporte à percepção sonora. Contudo, a avaliação feita com o sistema mostrou que todos os recursos de percepção sonora implementados poderiam ser classificados em pelo menos uma das categorias existentes. O estudo realizado não identificou nenhuma nova categoria, isto é, as categorias atuais demonstraram ser qualificadas na medida em que serviam como referência para se desenvolver elementos de suporte à percepção também de maneira sonora.

Com o propósito de se compreender aspectos de natureza qualitativa em relação aos recursos implementados no sistema, foram combinados outros dados de pesquisa, como os *logs* da interação dos sujeitos com o sistema, os vídeos gravados e as respostas das entrevistas enviadas para os sujeitos no final da fase cinco. Apenas S₂ e S₄ responderam às perguntas por meio de áudio. O Quadro 3 apresenta, na íntegra, a transcrição das respostas de cada sujeito.

Os elementos de suporte à percepção sonora que dizem respeito à categoria **disponibilidade** (Tabela 17), ou seja, entrada e saída de participantes, foram utilizados em média 2,5 vezes por sessão. Essa frequência de uso se mostrou suficiente para S₂ e S₄ declararem que recordavam desse

elemento de suporte à percepção, conforme mostram as respostas para a primeira questão no Quadro 3.

Quadro 3 - Respostas das entrevistas sobre os elementos de suporte à percepção sonora

Sujeito	Pergunta e resposta
	Questão 1: Como você reconhecia a entrada ou saída de um colega da sala?
S ₂	<i>“As entradas e saídas eram informadas através de um sinal sonoro, os quais indicavam qual os participantes entravam ou saíam exemplo ‘fulano’ entrou.”</i>
S ₄	<i>“Se não me falha a memória, é que estas informações acabam ficando um pouco confusas. A entrada de alguém na sala era indicada então pela por uma mensagem de voz de áudio. Pelo menos é o que eu recordo.”</i>
	Questão 2: Existia um som para quando você enviava/recebia uma mensagem? Se sim, que som era esse?
S ₂	<i>“Sim, era um som fechado com tonalidade grave.”</i>
S ₄	<i>“Para falar a verdade, eu não lembro se tinha um aviso de voz, mas tinha sim um, não diria que seja um estalo, mas tinha um pequeno barulho de quando eu recebia a mensagem na sala.”</i>
	Questão 3: Quando chegava uma mensagem, ela era lida automaticamente para você?
S ₂	<i>“Sempre, pois tinha total interação com o sistema.”</i>
S ₄	<i>“A mensagem não era lida para mim automaticamente ou pelo menos eu não tenho lembrança disso.”</i>
	Questão 4: Como você reconhecia que uma pessoa estava digitando no bate-papo?
S ₂	<i>“Ouvia sons idênticos ao teclado informando que alguém estaria digitando.”</i>
S ₄	<i>“Eu recebia a informação de áudio de que a pessoa estava digitando, e tem aquele barulhinho também, né, meio uma espécie de teclado ou uma simulação de alguém teclando. Então são essas informações que eu recordo.”</i>
	Questão 5: Existia um som para quando alguém digitava no texto? Se sim, que som era esse?
S ₂	<i>“Sim, era um clique indicando que alguém estaria digitando. Também existia uma fala indicando que alguém estava contribuindo com o texto.”</i>
S ₄	<i>“De fato tinha um barulhinho, uma espécie de simulação de alguém digitando, mas, assim, muito curta. Na verdade, raramente aparecia esse som.”</i>
	Questão 6: Como você reconhecia que a contribuição do colega iniciava?
S ₂	<i>“Através de uma fala ou texto identificando que o colega estaria contribuindo com um texto.”</i>
S ₄	<i>“Eu reconhecia a contribuição de um colega estava iniciando em função de uma mensagem de áudio que dizia ‘tal pessoa está contribuindo com o texto’.”</i>
	Questão 7: Como você percebia que a contribuição do colega terminava?

S ₂	<i>“A partir do instante que o colega acabava, uma mensagem informava que o mesmo estaria pronto para nova solicitação.”</i>
S ₄	<i>“Olha, para falar a verdade eu não lembro de ter nenhuma mensagem que me alertasse desse fato. Tenho a impressão de que a gente acabava falando mais pelo chat, mas realmente não recordo. Pode ter me passado despercebido.”</i>
Questão 8: Você acredita que o número de notificações era excessivo?	
S ₂	<i>“Não, pois todas as notificações eram importantes para que os usuários estivessem em conexão com o sistema através das suas informações, sabendo quantos e quando estariam conectados no sistema.”</i>
S ₄	<i>“Eu acho que a quantidade de notificações ela era não excessiva. Eu diria que até em alguns momentos eu acho que ficava faltando alguma coisa, por exemplo, enquanto alguém estava contribuindo com texto, raramente aparecia a informação de que o “fulano” está contribuindo com o texto, então fica meio, sei lá, gera uma certa intranquilidade de saber o que estava acontecendo.”</i>
Questão 9: Existia alguma notificação que perturbava você?	
S ₂	<i>“Não, apesar das notificações do bate-papo, quando existia grande fluxo de mensagens, serem cortadas ou interrompidas, ocasionando que algumas não fossem lidas automaticamente.”</i>
S ₄	<i>“Nenhuma notificação me perturbava. Talvez a falta de mais notificações ou um pouco mais, eu diria, isso sim talvez me perturbasse. Mas, enfim, respondendo objetivamente à pergunta: nenhuma notificação me perturbava.”</i>
Questão 10: O que você melhoraria no sistema em termos de notificações?	
S ₂	<i>“Todas as notificações no caso da sala de bate-papo deveriam ser ajustadas. O clique, o som da notificação da sala de bate-papos e a questão também o tempo e espaçamento das mensagens. Pois, quanto maior o fluxo, de mensagens recebida menos o sistema leria.”</i>
S ₄	<i>“Duas coisas que eu acho que as informações que a gente recebe quando alguém está digitando um chat fica muito vago. Talvez devesse ter mais presentes aquele barulhinho de alguém teclando, por exemplo, e a contribuição também quando alguém estava contribuindo com o texto. Eu acho que faltava mais informações. A gente ficava, por vezes, “ué, o que será que está acontecendo?”. Apenas a única coisa que teria que cuidar nessa questão dessa maior quantidade de notificações, ou notificações mais presentes, é o volume não ser muito alto. Então, a meu ver, no caso não poderia haver uma competição do leitor de tela com esses barulhinhos, e talvez isso seja ajustável, não sei, mas basicamente é isso. O que eu achei mais dificuldade realmente a questão da contribuição melhorou o fato da gente poder ver quando a pessoa já digitou. Enfim, já tem uma prévia do que a pessoa está digitando. Mas eu achei que a informação lá “fulano” está contribuindo com o texto” acabava sendo muito espaçada, e a gente ficava na dúvida: “agora, que está acontecendo?”. Claro, talvez dependa da rapidez que a pessoa tá redigindo texto etc. Mas, enfim, seriam estas duas observações.</i>

A Tabela 17 também indica que o sistema possuía recursos para informar sobre o **modo de comunicação** (*on-line/off-line*) dos participantes. As respostas da entrevista mostraram que S₂ e S₄ recordavam a existência de uma fala em áudio que informava sobre a entrada ou a saída dos colegas, evidenciando que os sujeitos tinham conhecimento de quem estava *on-line/off-line* durante as sessões. O interessante, nesse caso, foi a constatação de que, apesar de ser utilizada apenas 2,5 vezes em média por sessão, a implementação por meio de uma fala possibilitou que os sujeitos recordassem essa notificação.

Por outro lado, a resposta da questão sete demonstra que S₄ também utilizava as mensagens trocadas no bate-papo como estratégia para perceber o contexto do sistema, identificando, por exemplo, a presença ou a ausência dos colegas e o progresso da tarefa por meio do *chat*, “[...] tenho a impressão de que a gente acabava falando mais pelo *chat* [...]” [Relato de S₄]. A estratégia destacada por S₄ confirma as observações feitas por Sallnäs, Bjerstedt-Blom e Winberg (2006), Mcgookin e Brewster (2007), Kuber, Yu e Mcallister (2007) de que os diálogos compartilhados entre os participantes eram fundamentais para a manutenção da percepção e, conseqüentemente, para o progresso da tarefa.

Com relação ao elemento **entrega das mensagens**, a Tabela 17 indica que o sistema possuía um recurso responsável por informar os participantes sobre a inserção de uma nova mensagem no bate-papo. Como foram trocadas uma média de 53 mensagens no bate-papo em sessões que duraram em média 91,19 minutos, conclui-se que os sujeitos receberam, por minuto, aproximadamente uma média de 1,72 notificações sobre mensagens recebidas no bate-papo. O resultado dessa quantidade de notificações foi que, nas entrevistas, tanto S₂ quanto S₄ recordavam o som do *earcon* (abstrato) utilizado para os sujeitos perceberem o envio ou o recebimento de mensagens, conforme mostram as respostas da questão dois no Quadro 3. Portanto, existem evidências de que os sujeitos da pesquisa atribuíram um significado a esse som abstrato. A frequência de uso desse som possivelmente permitiu aos sujeitos fazer essa associação.

Como pode ser observado na Tabela 17, o Cooperative Editor não oferecia recursos para informar sobre o **atraso das mensagens** do bate-papo. Inicialmente, cada mensagem continha a informação da confirmação de entrega (um *tick* visual) e também do horário da entrega. Porém, diferente de um vidente, que é capaz de selecionar visualmente a informação a ser lida, a interação entre um sujeito com deficiência visual e um leitor de tela o conduz para a leitura completa de todas as informações de uma linha. Assim, durante a primeira fase do estudo, S₄ alegou que essas

informações poderiam atrapalhar ou retardar a interação dos sujeitos com o sistema e, por esse motivo, foram suprimidas das mensagens do bate-papo. Posteriormente, foi observado que poderia ter sido implementado um elemento para indicar uma demora no envio, como o relógio referente às mensagens não entregues do WhatsApp.

Com relação ao elemento da categoria **tarefa, quem, o quê, onde, quando e como** (Tabela 17), pode-se dizer que a informação de **quem** originou um evento foi um recurso usado em vários elementos. Os vídeos gravados revelaram que, quando existia muita atividade do sistema, a implementação do recurso **quem** fazia os sujeitos escutarem com frequência os nomes dos usuários responsáveis por gerar os eventos. No momento em que o sistema utilizava apenas *text-to-speech* para informar **quem** tinha originado um evento, a frequência das mensagens no bate-papo fez com que fossem identificadas duas situações: (1) as falas em TTS eram anunciadas ao mesmo tempo que o leitor de tela, causando uma sobreposição; (2) as sobreposições poderiam estar aumentando a possibilidade da ocorrência dos problemas descritos por Sanchez e Baloian (2006) sobre oportunidade, lembrança e validade da informação em áudio.

Posteriormente, na segunda versão do sistema, as mensagens de **quem** tinha originado o evento foram substituídas por implementações com regiões vivas, o que eliminou as sobreposições: o leitor de tela passaram a garantir uma ordem entre as mensagens provenientes do sistema e as do próprio leitor de tela. Entretanto, como a implementação de um elemento de percepção por meio de uma fala normalmente possui um tempo de duração mais longo que os ícones auditivos (0,6s) e *earcons* (0,1s), numa conversa informal com S₂ após o término da sessão da segunda fase, foi levantada a hipótese de que sons tridimensionais poderiam indicar **quem** originou um evento. Por exemplo, por meio de fones de ouvido, algo corriqueiro no uso de computadores para pessoas com deficiência visual, o som de um usuário X poderia estar sempre no fone esquerdo e o do usuário Y, no direito. Apesar da implementação da informação de **quem** originou o evento ter funcionado em TTS e também com regiões vivas, destaca-se a importância de se investigar uma maneira mais rápida de se transmitir esse dado aos sujeitos.

Quanto à questão referente ao elemento histórico (Tabela 17), o Cooperative Editor possui uma ferramenta por meio da qual os sujeitos podem navegar pelas versões do texto coletivamente editado. Porém, as tarefas dadas aos sujeitos não conduziram para que os sujeitos explorassem essa funcionalidade. Portanto, não foram observadas interações com essa parte do sistema.

Na categoria interação, a Tabela 17 indica que o sistema implementou recursos de *feedback* para confirmar sobre a execução de uma operação. Por exemplo, o sistema emite um som similar a uma vibração para identificar quando um usuário movimentou seu cursor entre as regiões da interface. Os vídeos analisados não demonstraram nenhuma desorientação dos sujeitos pela falta de recursos de *feedback*.

Já em relação à questão do *feedthrough*, notificação sobre a ação do outro, tanto S₂ quanto S₄ informaram que recordavam, por exemplo, o som da digitação em um teclado implementado com um ícone auditivo (concreto) indicando a escrita de uma mensagem no bate-papo, como mostra o Quadro 3 na questão quatro. Essa lembrança pode ser explicada por dois motivos: (1) trata-se de um som conhecido; dessa forma, os sujeitos não tinham a necessidade de fazer a associação entre o evento e o som; (2) houve em média 5,77 notificações por minuto sobre a digitação de um colega, uma frequência importante de se considerar.

Por outro lado, ambos os sujeitos não souberam informar sobre o recurso de *feedthrough* implementado por meio de um *earcon* que indicava quando um colega iniciava ou terminava sua contribuição com a escrita do texto. Para os entrevistados, a mensagem “x está contribuindo com o texto” confirmava o início da contribuição de um colega, conforme mostra a questão seis do Quadro 3. As respostas à questão sete revelaram que S₄ não recordava a existência da notificação de término da contribuição. S₂ também não se lembrou da ocorrência de um elemento sonoro, mas relatou que se recordava do leitor de tela anunciando o *status* dos colegas. O esquecimento dessas funcionalidades pode ser explicado pela frequência com que esse recurso foi utilizado: em média 3,75 vezes em cada sessão.

Os dados coletados mostraram que, apesar de não ter sido observado nos vídeos nenhum sinal de desorientação dos sujeitos, a baixa frequência de utilização dos *earcons* de início e término da contribuição no texto fez com que S₂ e S₄ não recordassem a existência desses sinais sonoros. Entretanto, o elemento de percepção sonora responsável por indicar a entrada e a saída dos participantes, implementado por meio de uma fala e utilizado numa frequência média 2,5 vezes por sessão, foi lembrado pelos sujeitos. Em vista disso, percebeu-se que os *earcons* utilizados com pouca frequência fizeram os sujeitos não se lembrarem da existência da notificação e, conseqüentemente, dificultaram a associação entre evento e som.

A Tabela 17 também destaca um suporte do sistema para o elemento que notifica sobre Pistas nas Falas (quem está falando com quem). A partir da segunda versão, o Cooperative Editor

implementou, por meio de uma região viva, uma funcionalidade que lia automaticamente as mensagens do bate-papo, permitindo, assim, que os usuários acompanhassem as conversas dos colegas. Apesar dos vídeos gravados revelarem que a leitura automática das mensagens estava funcionando corretamente, S₄ declarou não lembrar a existência desse recurso. Em contrapartida, S₂ sinalizou lembrar que o leitor de tela realizava a leitura do bate-papo de forma automática. Novamente, o que pode ser observado pelas respostas de S₄ é que se trata de um sujeito que desenvolveu suas próprias estratégias de uso do sistema. Já S₂, por possuir menor experiência com computadores e leitores de tela se comparado com S₄, precisou mais dos recursos desenvolvidos no sistema e, conseqüentemente, lembrava mais das implementações de suporte à percepção.

Na categoria interdependência, a Tabela 17 indica que o Cooperative Editor possui dois recursos para notificar sobre as Atividades Paralelas. Os sujeitos são informados (1) quando alguém estiver escrevendo uma mensagem no bate-papo e (2) quando um participante estiver contribuindo com o texto.

O recurso que informava quando alguém estava digitando no bate-papo pode ser classificado como *feedthrough* e, numa especialização, como um recurso que permite identificar atividades paralelas. Conforme visto anteriormente, esse foi um dos elementos mais precisamente lembrados pelos sujeitos; assim, entende-se que se trata de um recurso consolidado.

O outro elemento que notifica sobre o acontecimento de uma atividade paralela utiliza, de tempos em tempos, uma fala para informar quando alguém estiver contribuindo. Quando os sujeitos foram questionados sobre esse elemento (questão cinco do Quadro 3), apenas S₂ conseguiu lembrar e responder com precisão sobre a implementação desse recurso. A entrevista revelou também que, para S₄, um dos principais problemas apresentados pelo sistema foi a baixa frequência dessa notificação, conforme mostra a resposta de S₄ para a questão oito do Quadro 3. Os dados provenientes dos *logs* do sistema mostraram que se notificava em média 17,31 vezes por sessão, ou seja, 0,19 notificações por minuto (91,10 min/17,31 notificações). Desse modo, observa-se que, quando se trata do objeto compartilhado, possivelmente os sujeitos irão demandar por mais informações. A frequência desse tipo de notificação deverá, portanto, a ser mais elevada.

Conforme indica a Tabela 17, o sistema implementa um elemento de suporte à percepção para notificar sobre as Atividades Coordenadas e o Controle de Acesso ao objeto compartilhado. No Cooperative Editor, a informação sobre a coordenação e o controle de acesso, ou seja, sobre quem pode escrever no texto, é dada por meio do *status* de cada participante. Essas notificações

consistem em comunicar se o sujeito está “contribuindo”, “livre” ou “aguardando uma próxima rodada” e também em indicar em qual rodada cada um se encontra. Cabe ressaltar aqui que, para torna-se preciso para os sujeitos, esse recurso de suporte à percepção exigiu uma implementação baseada em falas. No entanto, na tentativa de não confundir o leitor, as questões sobre a implementação de falas com *text-to-speech* e regiões vivas serão discutidas separadamente na próxima seção deste capítulo.

Os vídeos gravados mostraram que as conversas no bate-papo serviam como uma forma dos sujeitos se orientarem sobre o progresso da tarefa e, assim, coordenarem suas ações. O Quadro 4 mostra um pequeno trecho da conversa entre S₁ e S₂ durante a segunda fase do estudo, em que a comunicação de orientação aparece de maneira mais evidente. Trata-se de mais um indício de que os diálogos compartilhados entre os participantes são fundamentais em sistemas que permitem ações síncronas e colaborativas.

Quadro 4 – Trecho de uma conversa de orientação entre S₁ e S₂

<p>S₁: <i>de quem é esta rodada?</i></p> <p>P: <i>realmente os erros foram apagados</i></p> <p>S₂: <i>estamos todos na rodada 7</i></p>

Durante o estudo, os sujeitos com deficiência visual utilizaram apenas a audição (por meio de fones de ouvido) como forma de perceber o contexto do sistema. Existia uma preocupação durante o desenvolvimento do Cooperative Editor com a quantidade de notificações que os sujeitos receberiam. Por esse motivo, foram realizadas perguntas a fim de identificar se o sistema gerava um número excessivo de notificações. Para S₂, todas as notificações se mostraram relevantes: “*todas as notificações eram importantes para que os usuários estivessem em conexão com o sistema através das suas informações, sabendo quantos e quando estariam conectados no sistema*” [Relato de S₂]. Já S₄, para quem o sistema não produziu excesso de notificações, gostaria inclusive de receber mais avisos sobre o andamento da contribuição de um colega no texto coletivo (objeto compartilhado): “*Eu acho que a quantidade de notificações não era excessiva. Eu diria que até em alguns momentos eu acho que ficava faltando alguma coisa, por exemplo, enquanto alguém estava contribuindo com texto, raramente aparecia a informação de que o ‘fulano’ está contribuindo com o texto*” [Relato de S₄].

A entrevista também perguntou se existia alguma notificação que perturbava os sujeitos. Tanto para S₂ quanto para S₄ não existiam notificações que causassem incômodo. Porém, a resposta

de S₂ deu a entender que atrapalhava o fato do leitor de tela não ler automaticamente todas as mensagens recebidas no bate-papo. Uma análise dos vídeos de S₂ revelou que todas as mensagens do bate-papo estavam sendo lidas automaticamente. Com isso, constata-se que a grande quantidade de notificações fez o sujeito não observar a totalidade das mensagens lidas automaticamente pelo leitor de tela no bate-papo, o que corrobora com a descrição do problema de oportunidade do som (quando a informação em áudio não é percebida pois o usuário está concentrado em outra atividade), conforme advertido por Sanchez & Baloian (2006).

Outro exemplo em relação ao problema de oportunidade do som pôde ser observado no vídeo de S₄ durante a terceira etapa, num momento em que o sujeito atendeu uma chamada telefônica. Depois de terminar a ligação, S₄ permaneceu sem realizar nenhuma interação com o sistema por aproximadamente 30 segundos, demonstrando que o sujeito não notou os eventos do sistema enquanto falava ao telefone. Porém, no instante em que S₄ recebeu uma nova notificação, imediatamente o sujeito voltou a interagir e recuperar o processo da tarefa. Apesar dessas ocorrências, cabe destacar que os problemas de oportunidade, lembrança e validade do som descritos por Sanchez & Baloian (2006), não impediram que os sujeitos realizassem as tarefas propostas. Entende-se, entretanto, que seria importante estudar a oportunidade do som em contextos nos quais os sujeitos tenham que realizar tarefas concomitantes e em sistemas distintos.

Quando foi perguntado sobre o que poderia ser melhorado no sistema, a resposta de S₂ indicou novamente que as mensagens do bate-papo deveriam ser ajustadas para que não fossem perdidas. Por outro lado, S₄ ratificou que o volume das notificações nunca deve ficar mais alto que o do leitor de tela e também apontou que deveria ser mais frequente o aviso responsável por indicar que um colega continua contribuindo com o texto.

Como pôde ser constatado, os resultados do estudo revelaram algumas considerações em relação à implementação dos elementos de suporte à percepção sonora. As próximas seções continuam discutindo aspectos de implementação, porém, centradas em dois assuntos específicos: a implementação de falas como elementos de percepção e a utilização dos atalhos pelos sujeitos durante o estudo.

5.2.2. Resultados e discussão sobre *text-to-speech* e regiões vivas

Esta seção discute sobre as tecnologias empregadas na implementação das falas como um recurso de suporte à percepção sonora no sistema. Durante o estudo, foram utilizadas duas

tecnologias que permitiram a implementação das falas: na primeira versão do sistema, o *text-to-speech* e, na segunda, regiões vivas.

Durante a sessão de teste da fase um, S₄ observou uma sobreposição entre a voz do leitor de tela e a do sistema que, no momento da realização da sessão, estava implementada com TTS do navegador. Para ter certeza de que isso estava ocorrendo, S₄ solicitou que o pesquisador ficasse enviando mensagens no bate-papo a fim de verificar a existência ou não da sobreposição. Como resultado, foi verificado que o JAWS 18 rodando no Windows 10 não sincronizava as falas do TTS do navegador com as do leitor de tela, o que causava algumas sobreposições sonoras. Como visto na seção anterior, as análises/transcrições dos vídeos das fases dois e três ratificaram a existência dessas sobreposições apontadas inicialmente por S₄. Contudo, apesar de existir esse problema de sobreposição, cabe destacar que, em nenhum momento, os sujeitos demonstraram algum tipo de desorientação, isto é, a informação de percepção se manteve atualizada com o TTS do navegador e, conseqüentemente, finalizaram-se as tarefas.

Uma segunda questão observada com a implementação do TTS do navegador no Cooperative Editor pode ser ilustrada com o seguinte exemplo: por volta dos 30 minutos da sessão na fase dois, S₃ disse que gostaria de modificar a voz do leitor de tela. Nesse momento, o TTS do navegador e o leitor de tela estavam configurados com o sintetizador Microsoft Speech API e com a mesma voz. S₃ então alterou o sintetizador do leitor de tela para o eSpeak (uma voz mais robotizada e rápida), mudando também a velocidade para mais de 80% e diminuindo o tom e a inflexão da voz. Após fazer esse ajuste, S₃ percebeu que houve a ocorrência de falas do sistema e outras do leitor de tela: “o sistema tem voz própria!” [Relato de S₃]. Todavia, como os navegadores no Windows utilizam a configuração de TTS proveniente do sistema operacional, não era óbvio para o sujeito, naquele momento, alterar o sintetizador de voz do TTS do navegador. Desse modo, S₃ continuou a sessão com o leitor de tela com uma voz diferente e mais rápida que a do TTS do navegador.

O exemplo ilustra, assim, duas dificuldades no uso do TTS: (1) para que o leitor de tela e o TTS do navegador tenham a mesma voz, faz-se necessário sua configuração em dois locais distintos, o que torna essa tarefa mais difícil, principalmente, para sujeitos com pouca experiência no uso de computadores; (2) se apenas uma das vozes for alterada, existirá diferenças entre duas vozes, o que pode causar um desconforto e, por consequência, uma pior experiência na interação com o sistema, conforme apontou o estudo com o Sound Chat (MACHADO *et al.*, 2017).

A partir da constatação de que as regiões vivas implementadas estavam apresentando o mesmo comportamento tanto no NVDA (2018.2) quanto no JAWS (2018), houve a possibilidade de utilizar essa tecnologia em substituição ao TTS do navegador. As regiões vivas foram aplicadas na região do bate-papo e na área dos participantes, o que caracterizou, portanto, uma segunda versão do sistema.

Na área do bate-papo, a região viva permitiu que o leitor de tela realizasse a leitura automática das mensagens recebidas. Na área dos Participantes, sempre que um sujeito iniciava ou terminava de contribuir com o texto, uma região viva anunciava o *status* de cada participante (“contribuindo”, “livre” ou “aguardando uma próxima rodada”). Assim, propositalmente, o recurso que notificava sobre o texto compartilhado foi mantido como o único elemento de suporte à percepção sonora implementado com o TTS do navegador.

A transcrição dos vídeos mostrou que as regiões vivas do Cooperative Editor garantiram que as mensagens do sistema não se sobrepusessem às mensagens geradas pelo leitor de tela, isto é, os leitores de tela asseguraram que todas as mensagens fossem ditas de maneira ordenada. Dessa maneira, os sujeitos passaram a escutar falas que majoritariamente eram gerenciadas pelo leitor de tela e percebiam uma única voz com a mesma entonação e inflexão. Segundo S₃, a primeira versão do sistema apresentava um “defeito”: *“me lembro que tinha um problema no sistema, pois tinha uma segunda voz. Eu estava lendo o texto, e ficavam duas vozes falando ao mesmo tempo”* [Relato de S₃]. O relato de S₃ indicava que, possivelmente devido à quantidade de notificações, a informação de **quem** havia enviado uma mensagem no bate-papo causava um prejuízo na interação. Assim, como pôde ser observado, S₃ considerou uma melhoria o fato das notificações faladas utilizarem apenas a voz do leitor de tela.

Um ponto interessante para investigações futuras está relacionado ao elemento de percepção que informava quando alguém estava contribuindo com o texto. Esse recurso foi implementado exclusivamente por meio do TTS do navegador e, na quarta etapa do estudo, S₃ e S₄ realizaram a sessão utilizando vozes diferentes entre o leitor de tela e o TTS. O interessante nesse caso foi observar que, numa conversa realizada após o término da sessão, tanto S₃ quanto S₄ consideravam adequada a implementação desse elemento de suporte à percepção, isto é, eles não se importaram com o fato de pontualmente escutar uma voz diferente e também desconsideraram as questões das sobreposições. À vista disso, entende-se que essa avaliação dos sujeitos se deu

devido à utilização de um recurso responsável por notificar sobre o texto compartilhado, o único recurso da segunda versão do sistema que notificava com uma voz alternativa.

No entanto, o estudo com o Cooperative Editor revelou que: (1) tanto o TTS do navegador quanto as regiões vivas podem ser utilizados como ferramentas para notificar os usuários do sistema por meio de falas; (2) as regiões vivas evitaram problemas de sobreposição, de configuração e impossibilitaram que o sistema apresentasse duas vozes distintas, por essa razão, entende-se que essa tecnologia proporcionou melhor solução de usabilidade; (3) de maneira geral, a utilização de duas vozes dificultou a interação dos sujeitos com o sistema, porém, entende-se que essa solução de *design* ainda possa ser utilizada pontualmente para chamar a atenção de maneira assertiva. Assim sendo, observa-se que existe espaço para investigações futuras sobre os possíveis usos de duas vozes nesse contexto de problema, principalmente se as vozes não se sobrepuserem umas às outras. Não houve dados suficientes para corroborar e nem para refutar a suposição feita por Thissen e Chen (2007) que indicava que a utilização de duas vozes nesse contexto de sistema revelariam uma solução de design apropriada.

5.2.3. Resultados e discussão sobre a implementação das teclas de atalho

Outro ponto estudado foi a utilização das teclas de atalhos pelos sujeitos. O estudo realizado por Winberg (2006) mostrou que os sujeitos com deficiência visual demoravam mais tempo que os videntes para obter informações sobre o estado de uma interface, conseqüentemente, também tardavam mais para completar as tarefas propostas no estudo. Além disso, Sanchez e Baloian (2006) alertaram para questões relacionadas com a oportunidade, a lembrança e a validade de um elemento de suporte à percepção estritamente sonoro.

Pensando nisso, foi implementado, no Cooperative Editor, um conjunto de teclas de atalho para descrever, por meio de TTS, o estado de partes da interface para os usuários. Por exemplo, se os usuários quisessem saber os participantes conectados, poderiam utilizar um atalho para que o sistema descrevesse a situação do momento. Os atalhos poderiam então evitar que os sujeitos tivessem que navegar até uma região da tela para poder alcançar alguma informação e também serviriam como uma forma de auxiliar com questões como a oportunidade, a lembrança e a validade do som, pois os sujeitos poderiam recuperar uma informação a qualquer hora.

O estudo com o Sound Chat (MACHADO *et al.*, 2017) também mostrou que navegar entre as mensagens do bate-papo para poder obter o contexto de uma conversa foi uma das tarefas mais

custosas para os sujeitos com deficiência visual. Neste sentido, inspirado no conceito de *Tally Queue*, de Thiessen e Hockema (2010), foi desenvolvido no Cooperative Editor uma tecla de atalho para realizar a leitura das mensagens do bate-papo por meio do TTS do navegador. Novamente, a intenção desse atalho foi reduzir a tarefa de navegação na interface e também auxiliar com as questões da oportunidade, da lembrança e da validade sonora.

Outro ponto observado no estudo com o Sound Chat foi um comentário realizado por um dos sujeitos daquela pesquisa. Ao invés de navegar linearmente pelos itens da interface, ele gostaria que houvesse atalhos permitindo “saltar” entre as regiões do sistema. Dessa forma, um conjunto de atalhos de movimentação foi disponibilizado no Cooperative Editor a fim de facilitar a navegação com o teclado.

Ao todo, foram escritos seis atalhos para o sistema: dois para descrição, três para movimentação e um para leitura das mensagens do bate-papo. Por meio dos *logs* do sistema, contabilizou-se a utilização de cada tecla de atalho nas fases três, quatro e cinco conforme apresenta a Tabela 18.

Tabela 18 - Utilização das teclas de atalho

Fase	Sujeito	Descrição participantes	Descrição editor (texto)	Leitura do bate-papo	Movimentação participantes	Movimentação Bate-papo	Movimentação Editor
3	S ₁	0	4	97	19	20	4
	S ₂	2	17	10	6	16	17
	S ₃	0	0	25	1	8	7
	S ₄	0	0	0	10	8	16
4	S ₁	0	13	2	9	1	11
	S ₂	9	2	4	13	10	14
	S ₃	0	0	0	4	3	2
	S ₄	0	0	0	3	7	13
5	S ₂	3	10	3	9	16	7
	S ₃	0	0	0	0	9	0
	S ₄	0	0	0	7	19	16
Total		14	46	141	81	117	107

A Tabela 18 mostra que o atalho para descrever o *status* dos participantes conectados foi o menos utilizado pelos sujeitos. Esse número reduzido de utilização pode ser explicado por quatro motivos: (1) nas fases três e quatro, os sujeitos fizeram as sessões na mesma sala; portanto, sabiam quem fazia parte do grupo; (2) os grupos eram pequenos e permaneceram iguais durante todas as sessões, isto é, no momento da entrada, o sujeito era informado de quem estava conectado, e essa informação não era alterada; (3) se por ventura um sujeito saísse e logo voltasse, existia um outro recurso que indicava a entrada e a saída de um participante, mantendo atualizada a informação sobre a disponibilidade dos colegas; e (4) a partir da fase quatro, havia uma região viva que informava o *status* de cada participante sempre que alguém iniciava ou terminava uma contribuição no texto, ou seja, além de informar o que cada um estava fazendo, esse recurso também auxiliava na questão da disponibilidade. Entretanto, apesar da baixa frequência do uso desse atalho para descrever o *status* dos participantes, entende-se que exista espaço para se investigar sua utilização em ambientes nos quais o grupo seja numeroso ou se altere com o passar do tempo, como em jogos *multiplayer*.

A Tabela 18 também revela que, em nenhum momento, os sujeitos S₃ e S₄ utilizaram o recurso de leitura do texto, pois utilizavam as funcionalidades de leitura de texto presentes nos leitores de tela (leitura de palavras, linhas e parágrafos). Por outro lado, S₁ e S₂, que apresentavam uma menor fluência no leitor de tela, acabaram utilizando essa funcionalidade. Um exemplo da discrepância de uso por parte dos sujeitos apareceu na fase cinco: enquanto S₂ utilizou 10 vezes o atalho para ler o texto elaborado coletivamente, S₃ e S₄ não utilizaram sequer uma vez.

As teclas de leitura do bate-papo foram utilizadas pelos sujeitos S₁, S₂ e S₃. Porém, a partir da fase quatro, momento em que foi implementada a leitura automática das mensagens do bate-papo por meio de uma região viva, observou-se a redução do uso dessa funcionalidade. No entanto, mesmo com a leitura automática das mensagens, S₁ e S₂ ainda fizeram certo uso desse recurso, o que novamente aponta para o fato dos sujeitos com menor fluência no leitor de tela necessitarem de mais auxílio por parte do sistema.

Somando a quantidades de vezes que cada sujeito fez uso das teclas de atalho, chega-se ao seguinte resultado: na etapa três, S₁ utilizou 144 vezes as teclas de atalhos, S₂ usou 68 vezes, S₃, 41, e S₄, 34 vezes. Na fase quatro, S₁ utilizou os atalhos 36 vezes, S₂ utilizou 52 vezes; S₃, 9, e S₄ somou 23 vezes. Na fase cinco, S₂ utilizou 61 vezes, S₃, apenas 9 vezes, e S₄, 42 vezes. Esses resultados apontam claramente que os sujeitos com uma menor experiência com o leitor de tela

foram aqueles que mais utilizaram as teclas de atalho, o que revelou mais um indício sobre a importância dos atalhos para os sujeitos com menor familiaridade com os leitores de tela.

Como pode ser observado na Tabela 18, as teclas de movimentação foram notoriamente as mais utilizadas por todos os sujeitos. Apesar de S₃ e S₄ não terem utilizado as teclas de descrição, ambos utilizaram as teclas de movimentação, inclusive fazendo dessas funcionalidades parte da estratégia para obter o estado da interface a partir do movimento do cursor para uma região do sistema e da navegação ao redor do local. Além disso, mesmo a partir da fase quatro, quando já estavam em operação dois deslocamentos automáticos de cursor, as teclas de atalho para movimentação não deixaram de ser usadas, demonstrando ser um recurso importante para a navegação e operação do sistema. Dessa forma, a quantidade de vezes que as teclas de atalhos foram utilizadas por todos os usuários apresentam evidências sobre a necessidade desse tipo de funcionalidade para se obter uma equidade na participação entre videntes e pessoas com deficiência visual. Durante a sessão da fase dois, S₃ realizou um comentário sobre esse recurso: “*esses atalhos para se movimentar são muito úteis*” [Relato de S₃].

No entanto, entende-se que os atalhos de descrição e leitura das mensagens do bate-papo foram recursos pouco utilizados pelos sujeitos com maior experiência com leitor de tela. Eles desenvolveram estratégias próprias para contornar situações como, por exemplo, obter rapidamente informações sobre o estado da interface. O fato de S₃ e S₄ não utilizarem algumas teclas de atalho não significou uma perda de eficiência na interação, pois, no final da etapa cinco, S₅ não identificou esses dois sujeitos como sendo pessoas com deficiência visual. Por outro lado, tanto os atalhos de descrição quanto os de leitura das mensagens do bate-papo foram utilizados por S₁ e S₂, o que forneceu mais indícios de que, quanto menor for a experiência do sujeito com o leitor de tela/computador, maior será a necessidade de existirem funcionalidades de descrição do estado da interface. Finalmente, as teclas de movimentação foram amplamente utilizadas por todos os tipos de sujeitos, o que fornece evidências claras da importância dessa funcionalidade na conquista de equidade na colaboração entre pessoas com e sem deficiência visual em sistemas de ação síncrona e coletiva.

5.2.4. Resumo das discussões realizadas para a segunda pergunta de pesquisa

Para responder a segunda pergunta de pesquisa, foi necessário discutir sobre diversos recursos de suporte à percepção implementados no Cooperative Editor. Assim, para que o leitor

possa se situar, o Quadro 5 apresenta um resumo das considerações que puderam ser extraídas das análises e discussões dos dados da segunda pergunta de pesquisa.

Quadro 5 - Resumo das discussões realizadas para a segunda pergunta de pesquisa

- A teoria de *workspace awareness* (GUTWIN; GREENBERG, 2002) (ANTUNES *et al.*, 2014) serviu como norteadora da implementação dos elementos de suporte à percepção.
- Os diálogos no bate-papo se mostraram uma maneira fundamental para manter a percepção, corroborando, assim, com os estudos de Sallnäs, Bjerstedt-Blom e Winberg (2006), Mcgookin e Brewster (2007), Kuber, Yu e Mcallister (2007);
- Quando utilizados com pouca frequência, os *earcons* fizeram com que os sujeitos tivessem dificuldade para recordar a existência de uma notificação.
- Notificações que usavam falas poderiam ser lembradas mesmo em situações de pouca frequência de uso.
- Os objetos compartilhados no espaço de trabalho tendem a demandar por informação de percepção; portanto, é importante informar os usuários com mais frequência sobre seu estado.
- Contrariando a suposição de Thiessen e Chen (2007), a ideia de se utilizar duas vozes, uma do leitor de tela e outra do sistema, não trouxe uma melhor experiência para os sujeitos, que não questionaram quando o sistema utilizava uma segunda voz para pontualmente informar sobre o objeto compartilhado.
- O *text-to-speech* pode ser utilizado como tecnologia para manter a informação de percepção, porém, as regiões vivas proporcionaram uma melhor experiência para os sujeitos.
- Os problemas relacionados à oportunidade, à lembrança e à validade foram minimizados no Cooperative Editor graças à quantidade de notificações geradas.
- Quanto aos atalhos, existe uma relação inversamente proporcional entre a experiência dos sujeitos e a necessidade de implementação de atalhos.
- Os atalhos de movimentação demonstraram ser fundamentais para a navegação e a operação de todos os sujeitos da pesquisa, inexperientes e experientes.
- O volume dos ícones auditivos e *earcons* não pode ser mais alto do que o som do leitor de tela.

5.3. TERCEIRA QUESTÃO DE PESQUISA

A próxima análise tem o objetivo de compreender como ocorreu a atividade de escrita síncrona entre os sujeitos. A motivação para a realização deste estudo foi originada a partir da seguinte pergunta de pesquisa central: Como se estabeleceu a colaboração e/ou cooperação entre os sujeitos durante o desenvolvimento da tarefa?

A fim de responder essa questão, foram utilizados como dados de pesquisa o histórico das contribuições no texto e as mensagens trocadas no bate-papo. No entanto, apenas na terceira e na quarta fase foram formadas duplas de sujeitos com deficiência visual; portanto, foram analisadas as informações da terceira e da quarta fase do terceiro estudo.

A análise desses dados foram inicialmente inspiradas nas categorias propostas por Jimoyiannis e Roussinos (2017) detalhadas no capítulo 2. Entretanto, como essa estrutura foi originalmente pensada para avaliar a colaboração entre sujeitos durante o desenvolvimento de Wikis, fez-se necessária a exclusão de três categorias que contabilizavam alterações de conteúdo por meio de funcionalidades atualmente não disponíveis no Cooperative Editor; são elas: (1) criar uma nova página, (2) mover conteúdo para outra página e (3) adicionar imagens ou vídeos. Por outro lado, adicionou-se a informação sobre o número de palavras digitadas por cada sujeito durante uma interação. Dessa forma, as categorias finais utilizadas para classificar as contribuições de conteúdo estão representadas na Tabela 19 e na Tabela 21.

5.3.1. Resultados da terceira fase

Na terceira fase do estudo com o Cooperative Editor, os sujeitos foram organizados em dois grupos que contaram com o auxílio e a eventual mediação do pesquisador por meio do bate-papo. A tarefa para ambos os grupos foi escrever um texto de maneira síncrona sobre os problemas enfrentados por pessoas com deficiência visual em ambientes escolares.

Como apresentado anteriormente, a estrutura de análise proposta por Jimoyiannis e Roussinos (2017) prevê categorias organizadas em duas dimensões: contribuições de conteúdo e interação dos sujeitos. A Tabela 19 apresenta os dados que dizem respeito às contribuições de conteúdo de ambos os grupos da fase três. Para marcar a participação do “pesquisador” na terceira fase, a tabela destaca P como um integrante dos grupos; contudo, como ele não participou da elaboração dos textos, não se registraram seus dados.

Tabela 19 - Contribuições de conteúdo na etapa três

Grupo	Expandir		Reorganizar		Enriquecer	Corrigir		Número de Palavras	
	Acrescentar ideias ou elaborar sínteses	Ampliar ideias	Excluir conteúdo	Mover conteúdo na mesma página	Adicionar <i>hyperlinks</i>	Retificar grafia	Ajustar formatação		
1	S ₁	2	1	0	0	0	2	0	31 (17%)
	S ₂	1	2	0	0	0	10	1	153 (83%)
	P	-	-	-	-	-	-	-	-
2	S ₃	3	1	0	0	0	3	5	86 (43%)
	S ₄	5	0	3	0	0	3	10	114 (57%)
	P	-	-	-	-	-	-	-	-

A Tabela 19 mostra que S₁ adicionou duas ideias (dois novos assuntos ou tópicos) no texto, enquanto S₂ acrescentou apenas um tópico. Nenhuma síntese de ideias foi observada. Quanto à ampliação ou complementação de ideias, a Tabela 19 mostra que S₁ expandiu uma ideia, porém, nesse caso, a partir de um tópico iniciado por ele próprio. Por sua vez, S₂ ampliou duas ideias, uma iniciada por S₁ e outra iniciada por ele mesmo.

É possível observar que S₁ não complementou nenhuma ideia iniciada no texto por S₂, ou melhor, não deixou vestígios sobre o estabelecimento de uma relação de reciprocidade com S₂. Como as categorias de Jimoyiannis e Roussinos (2017) não mapeiam questões relacionadas à interação recíproca entre os sujeitos, foi necessário descrever no texto os dados obtidos sobre esse assunto.

Em relação às modificações de grafia, a Tabela 19 informa que S₁ realizou dois ajustes. Nesse contexto, as correções foram realizadas no texto originalmente escrito pelo próprio S₁. Por outro lado, S₂ realizou dez correções de grafia, sendo quatro delas realizadas no texto escrito por S₁. Quanto às correções de formatação, foi observado apenas um único ajuste efetuado por S₂ em seu próprio texto.

A Tabela 19 indica que não foram observadas no texto exclusões, alterações da posição de um tópico nem acréscimos de *hyperlinks*. Por essa razão, as colunas dessas categorias apresentam resultados zerados. Finalmente, a Tabela 19 também mostra que S₁ escreveu 31 palavras, o que

representou 17% do texto, enquanto S₂ redigiu 153 palavras, que contabilizaram 83% do texto final do primeiro grupo na fase três.

A Tabela 19 revela que S₃ contribuiu com três ideias e S₄ adicionou cinco novos assuntos ao texto. Nenhuma síntese foi observada na atividade realizada pelo segundo grupo na fase três. No que se refere à ampliação de ideias, a Tabela 19 informa que S₃ ampliou uma ideia; porém, a análise do texto mostrou que o acréscimo foi realizado em um dos assuntos redigidos pelo próprio S₃. Com o objetivo de ilustrar as análises realizadas nos textos, o Quadro 6 apresenta o texto escrito por S₃ e S₄ na fase três. Uma característica que cabe destacar dos textos escritos por meio do sistema foi a alternância do autor dos parágrafos. O Quadro 6 revela, por exemplo, que S₃ escreveu o primeiro e o terceiro parágrafo (trechos ímpares), enquanto S₄ redigiu o segundo e quarto (pares). A alternância dos autores de cada parágrafo foi observada em todos os textos escritos pelos dois grupos, o que demonstra uma condução do sistema para a elaboração de textos com a participação dos dois sujeitos.

Quadro 6 - Texto escrito por S₃ e S₄ na terceira etapa

<p>Dificuldades dos deficientes visuais no ambiente educacional:</p> <p>I Acompanhar o que é passado no quadro pelo professor;</p> <p>II Ter uma explicação clara de uma imagem que representa parte do conteúdo;</p> <p>III Conseguir os livros e materiais de referencia em formato acessível;</p> <p>IV A dificuldade de participação em experiências de laboratório;</p> <p>V Há dificuldade de participação em atividades esportivas, realizadas dentro da escola;</p> <p>VI Para os alunos que apreciam colar nas provas, para nós, é impossível, não apenas colar, como passar cola para os colegas;</p> <p>VII Haviam algumas aulas em que eu ficava fazendo outra coisa que não o que era proposto em aula devido a falta de material acessível;</p> <p>VIII As aulas de matemática, quando envolvia gráficos, eu sempre acabava tendo de esperar o professor terminar a explicação para depois me mostrar o gráfico;</p> <p>IX Um outro ponto que eu gostaria de destacar seria a questão da falta de acessibilidade nos prédios das escolas, não há piso tátil ou qualquer outra maneira de nos auxiliar a ir às diversas dependências da escola;</p> <p>X Finalmente, um outro problema enfrentado na escola era a dificuldade de paquerar as(os) colegas. Pior: em uma fase da vida em que os hormônios estão em efervescência!</p>

Legenda: destaque amarelo — contribuição de S₃; destaque verde claro — ajuste de S₃ em seu próprio texto; destaque rosa escuro — ajuste de S₃ no texto de S₄; destaque azul — contribuição de S₄; destaque verde escuro — ajuste de S₄ em seu próprio texto; destaque cinza — ajuste de S₄ no texto de S₃.

Ainda para o segundo grupo, a Tabela 19 indica que S₃ realizou três correções ortográficas, sendo duas delas feitas no trecho escrito por S₄. Por sua vez, S₄ também efetuou três correções, sendo apenas uma no texto escrito por S₃.

A Tabela 19 também informa que S₄ apagou três informações; mais precisamente, foram excluídas três palavras do início de uma frase, antes escrita pelo próprio S₄, isto é, S₄ não apagou trechos do texto de S₃. Não foi constatada nenhuma alteração na posição de um tópico, tampouco se registraram acréscimos de *hyperlinks*. Por fim, a Tabela 19 mostra que S₃ escreveu 86 palavras, o que representou 43% do texto, enquanto S₄ redigiu 114 palavras, refletindo uma contribuição de 57% no texto escrito pelo segundo grupo.

Quanto à interação dos sujeitos no bate-papo, a Tabela 20 apresenta a classificação utilizada a fim de identificar as presenças social, cognitiva e do professor nas mensagens. Cada mensagem do bate-papo foi classificada com uma ou mais categorias da estrutura de análise.

Como pode ser observado na Tabela 20, ambos os grupos apresentaram um alto índice de interação social: 62,5% das mensagens do primeiro grupo e 92,66% do segundo revelavam sentidos de natureza social. Grande parte das mensagens dos dois grupos estava diretamente relacionada a uma **comunicação aberta**, categoria essa que engloba tanto mensagens de **percepção mútua** quanto **reconhecimento** pelo trabalho do colega. O segundo grupo, por exemplo, estabeleceu um diálogo bem-humorado e, por essa razão, 30% das mensagens também continham algum tipo de **expressão emocional**, como mostra uma mensagem enviada por S₃ durante a conversação: “*só não estrague o texto kkkk*”.

Tabela 20 - Interação e reflexão dos estudantes na fase três

Grupo	Presença Social			Presença Cognitiva				Presença do Professor		
	Comunicação aberta	Expressões emocionais	Coesão do grupo	Gatilhos	Exploração	Integração	Resolução	Gerenciamento instrucional	Construir entendimento	Instrução direta
1	62,5%			5%				37,5%		
	43,75%	5%	13,75%	1,25%	3,75%	0%	0%	28,75%	8,75%	0%
2	92,66%			3,33%				14%		
	44%	30%	18,67%	3,33%	0%	0%	0%	10%	0%	4%

A quantidade de mensagens classificadas como evidências de **coesão do grupo** resultou parecida entre os dois grupos: representou um total de 13,75% para o primeiro e 18,67% para o segundo. Essas mensagens demonstraram certo grau de comprometimento com a realização da tarefa. Um exemplo disso são as conversas de coordenação, como quando S₃ pergunta, no bate-papo, “*separar os tópicos por ; ou .?*” e S₄ responde “*Prefiro por ;, mas, deixo ao teu critério....rsr....*”.

Ambos os grupos não manifestaram presença cognitiva intensa. Nas conversas do bate-papo, foi possível identificar mensagens de **gatilho** e, para o primeiro grupo, poucas trocas de ideias sobre o tema proposto foram classificadas como mensagens de **exploração**. Como exemplo, pode-se destacar o momento em que S₁ comenta no bate-papo sobre um dos problemas enfrentados por pessoas com deficiência visual: “*as pessoas perguntam os problemas dos cegos para outras pessoas ao invés de perguntar para nós*”.

A Tabela 20 também apresenta os dados sobre a **presença do professor**, neste caso, o próprio pesquisador. O primeiro grupo exigiu uma presença mais ativa do pesquisador, uma vez que 37,5% das mensagens estavam relacionadas com a presença do professor. A maioria das mensagens do primeiro grupo foi classificada como **gerenciamento instrucional**, pois houve a necessidade do pesquisador auxiliar na operação do sistema e, assim, contribuir para o andamento da tarefa. O segundo grupo exigiu uma menor participação do pesquisador: apenas 14% das mensagens estavam associadas ao pesquisador.

Ainda em relação à presença do professor, a Tabela 20 mostra que o pesquisador tentou auxiliar o primeiro grupo no entendimento do assunto. Pôde-se destacar algumas perguntas dirigidas aos sujeitos durante a sessão, como: “*Vocês possuem mais exemplos sobre o despreparo dos professores?*”. Assim, 8,75% das mensagens do primeiro grupo foram atribuídas à categoria **construir entendimento**. O segundo grupo, por sua vez, necessitou de algumas **instruções diretas** e pontuais, como quando S₃ questionou “*é pra colocar somente tópicos ou já escrever o texto?*” e foi respondido com uma instrução direta: “*somente tópicos*”.

5.3.2. Resultados da quarta fase

Na fase quatro, as duplas foram convidadas a escrever um texto de forma síncrona e coletiva que aprofundasse um dos problemas discutidos na etapa anterior, mais especificamente, sobre os

problemas enfrentados por pessoas com deficiência em ambientes escolares. A Tabela 21 apresenta as contribuições de conteúdo dos dois grupos formados para esta fase.

Tabela 21 - Contribuições de conteúdo na etapa quatro

Grupo	Expandir		Reorganizar		Enriquecer	Corrigir		Número de palavras	
	Acrescentar ideias ou elaborar sínteses	Ampliar ideias	Excluir conteúdo	Mover conteúdo na mesma página	Adicionar <i>hyperlinks</i>	Retificar grafia	Ajustar formatação		
1	S ₁	2	2	0	0	0	2	0	87 (14,7%)
	S ₂	1	4	0	0	0	0	0	505 (85,3%)
2	S ₃	2	1	0	0	0	4	0	127 (42,5%)
	S ₄	5	1	0	0	0	0	0	172 (57,5%)

No que se refere ao conteúdo elaborado pelo primeiro grupo, a Tabela 21 revela que S₁ adicionou duas ideias, enquanto S₂ acrescentou apenas um assunto novo no texto. Quanto às ampliações de ideias, S₁ realizou duas expansões; porém, uma análise detalhada aponta que essas ampliações foram elaboradas em um dos assuntos iniciados pelo próprio S₁, isto é, não houve desenvolvimento do texto de S₂ por parte de S₁. A Tabela 21 também informa que S₂ realizou quatro ampliações; cabe destacar que, nesse caso, todas as expansões foram realizadas em um dos assuntos iniciados por S₁. É possível perceber, portanto, que apenas S₂ ampliou o texto de S₁, isto é, não foi observada uma reciprocidade no desenvolvimento de ideias. Em relação às alterações no texto, a Tabela 21 indica que S₁ realizou duas correções ortográficas, mas apenas no trecho anteriormente escrito por ele mesmo.

Nota-se, também pela Tabela 21, que não foram constatadas exclusões, alterações na posição de tópicos e nem acréscimo de *hyperlinks*. Além disso, a Tabela 21 mostra que S₁ escreveu 87 palavras, o que representou 14,7% do texto, e S₂ redigiu 505 palavras, chegando a 85,3% do texto escrito pelo primeiro grupo na fase quatro.

Com respeito à atividade realizada pelo segundo grupo na fase quatro, a Tabela 21 informa que S₃ acrescentou dois tópicos, enquanto S₄ contribuiu com cinco assuntos distintos no texto. Tanto S₃ quanto S₄ ampliaram um único assunto; é importante destacar, porém, que S₃ expandiu um dos tópicos iniciado por S₄ e, por outro lado, S₄ ampliou um dos temas instituídos por S₃. Sobre as correções no texto, a Tabela 21 destaca que apenas S₃ realizou ajustes ortográficos; entretanto, a partir da análise do texto final, percebe-se que todas as correções foram feitas em trechos escritos por S₄.

A Tabela 21 demonstra que não houve exclusões, alterações na posição de tópicos nem acréscimo de *hyperlinks* durante a atividade do segundo grupo na etapa quatro. Por fim, a Tabela 21 também mostra que S₃ redigiu 127 palavras, o que representou 42,5% do texto, e S₄ escreveu 172 palavras, alcançando um total de 57,5% do texto escrito pelo segundo grupo na fase quatro.

As interações de ambos os grupos durante a fase quatro estão apresentadas na Tabela 22. As sessões de teste dessa fase não contaram com a presença do pesquisador no bate-papo; portanto, não houve mediação que representasse a presença do professor. Por esse motivo, os dados da presença do professor na Tabela 22 estão em branco.

Tabela 22 - Interação e reflexão dos estudantes na fase quatro

Grupo	Presença Social			Presença Cognitiva				Presença do Professor		
	Comunicação aberta	Expressões emocionais	Coesão do grupo	Gatilhos	Exploração	Integração	Resolução	Gerenciamento instrucional	Construir entendimento	Instrução direta
1		100%			3,8%				-	
	61,5%	7,7%	30,8%	3,8%	0%	0%	0%	-	-	-
2		100%			8,3%				-	
	70,9	8,3	20,8	8,3%	0%	0%	0%	-	-	-

Como na fase anterior, percebe-se, pela Tabela 22, que esta fase apresentou um alto índice de interação social entre os sujeitos. Grande parte das mensagens relacionadas à presença social foi classificada como comunicação aberta, visto que muitas mensagens expressavam percepção mútua, e outras, reconhecimento pelo trabalho do colega.

Um ponto importante nesta fase foi interessante notar, nesta fase quatro, o seguinte comportamento: o sujeito que não estava contribuindo com o texto agora não possuía um par para interagir no bate-papo; desse modo, observou-se que foram menos recorrentes as conversas de tom mais humorado e as falas que expressavam autorrevelação. Conseqüentemente, constatou-se uma redução do número de expressões emocionais nas mensagens quando comparado com os dados apresentados na etapa três.

Também foi observado um aumento das mensagens relacionadas à coesão do grupo. Como não havia a presença do professor, foram necessárias mais falas de coordenação para se executar a tarefa e manter a coesão.

Novamente, nenhum dos grupos da fase quatro apresentou uma forte presença cognitiva. Apesar de algumas mensagens estarem relacionadas com a categoria de gatilhos, não foram observadas falas de caráter reflexivo, ou seja, não se encontraram mensagens relativas às categorias de exploração, integração e resolução.

5.3.3. Discussão sobre as atividades de escrita síncrona e coletiva

Como pôde ser observado, S₁ escreveu menos que S₂, revelando uma heterogeneidade entre os sujeitos do primeiro grupo. Porém, essa diferença já era esperada, uma vez que S₁ havia declarado previamente ter pouca familiaridade com o uso de computadores. Por outro lado, os dados do segundo grupo apontaram para uma colaboração mais homogênea entre S₃ e S₄. Essa equivalência também era prevista, pois os sujeitos do segundo grupo possuem um conhecimento elevado sobre o uso dos leitores de tela e, conseqüentemente, sobre o uso de computadores.

Como destacado anteriormente, todos os textos elaborados pelos sujeitos manifestaram um padrão no qual cada nova participação adicionava um trecho ao texto já escrito. Desse modo, os textos eram compostos por trechos ora de um autor, ora de outro. Não foram observadas exclusões ou alterações no posicionamento de trechos do texto, o que possivelmente dificultou a quebra desse padrão. Entende-se que esse fato pode ser explicado pela pouca quantidade de mensagem revelando uma reflexão mais profunda dos sujeitos, isto é, conclui-se que a limitada presença cognitiva acabou estabelecendo um padrão para os textos dos dois grupos.

Considerando-se as informações respectivas aos dois grupos, foi possível notar que, mesmo sem a presença do professor, a quantidade de palavras escritas pelos sujeitos se manteve em níveis aproximados. Portanto, as regras de participação implementadas garantiram que as tarefas fossem

igualmente cumpridas pelos dois grupos mesmo sem a presença do professor. Foi observado, assim, que a ferramenta apresentou evidências de que poderia mediar a atividade de escrita dos textos sem a participação direta do professor, ampliando a autonomia dos sujeitos na realização das tarefas.

Para que a cooperação ocorra, faz-se necessário promover a interdependência positiva e a interação entre os sujeitos. O Cooperative Editor promove a interdependência e a interação quando implementa regras que possibilitam a participação de todos no processo de escrita. A interação pressupõe reciprocidade, e isso pode ser observado na elaboração do texto como forma de identificação das bases da cooperação.

Conforme a análise apresentada, o primeiro grupo não demonstrou uma interação recíproca. Por essa razão, conclui-se que não houve indícios de cooperação, o que pode ser explicado pela heterogeneidade do grupo. O segundo grupo, por sua vez, apresentou reciprocidade em dois momentos. Na terceira fase, os sujeitos realizaram correções em trechos de texto do colega. Na quarta fase, marcada pela ausência do pesquisador, houve troca de ideias por intermédio do texto, constatada a partir das ampliações recíprocas dos assuntos. Aqui cabe um comentário importante: apesar das mensagens do bate-papo não demonstrarem rastros de presença cognitiva, constataram-se reflexões por meio do próprio texto (objeto compartilhado) escrito coletivamente. Dessa forma, percebem-se evidências de que o sistema pode promover a interdependência positiva e a interação. Conclui-se, portanto, que as bases para a realização de atividades cooperativas foram encontradas nos dados de interação do segundo grupo, ou seja, existe indícios de que o sistema pode promover atividades cooperativas.

A estrutura de categorias proposta por Jimoyiannis e Roussinos (2017) resultou em uma ferramenta de avaliação importante para a obtenção de um panorama sobre as atividades de escrita síncrona e coletiva. Entretanto, para poder ser utilizada no contexto do Cooperative Editor, foi necessário excluir categorias relacionada com o Wiki, incorporar a quantidade de palavras escritas e, além disso, observar a questão da reciprocidade, que precisou ser descrita. Portanto, entende-se que, com esses ajustes, tal estrutura de categorias se mostrou válida para o tipo de análise realizada. Por outro lado, a quantidade de categorias e a dificuldade de se coletar e analisar os dados revelaram uma dificuldade significativa na tarefa de compreender a natureza da atividade coletiva. Em vista disso, torna-se imprescindível a automatização de parte desse trabalho, para que professores consigam analisar de maneira mais rápida as atividades coletivas dos estudantes.

Existem elementos conceituais e tecnológicos que foram utilizados no Cooperative Editor a fim de se tentar proporcionar atividades cooperativas entre pessoas com deficiência visual. A acessibilidade foi implementada utilizando-se as recomendações do WCAG. Entretanto, como o princípio da Percepção não está coberto pelo WCAG para esse tipo de sistema, fez-se necessário utilizar a teoria de *workspace awareness* a fim de compreender os elementos necessários para suportar a percepção. Esse suporte foi alcançado por meio da implementação das tecnologias conhecidas como ícones auditivos, *earcons*, *text-to-speech* e regiões vivas da especificação ARIA. O Cooperative Editor também foi moldado a partir de regras de uma prática cooperativa conhecida chamada Círculo de Escritores. Ao estabelecer as regras, o sistema determinou que todos participassem da elaboração dos textos que foram escritos, provocando, desse modo, interdependência e interação entre os sujeitos.

Apesar do estudo apresentar poucos indícios sobre a incidência dos fundamentos da cooperação, entende-se que houve evidências para que a cooperação de fato ocorresse. Em duas oportunidades, foi demonstrada a ocorrência de uma interação recíproca. Nesse sentido, o estudo realizado nesta tese apresentou um caminho viável para o desenvolvimento de ferramentas capazes de apoiar a realização de atividades cooperativas com equidade na participação entre pessoas com e sem deficiência visual.

6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Esta pesquisa teve o objetivo analisar os limites e as possibilidades do uso de elementos de suporte à percepção sonora em sistemas Web síncronos como dispositivos de inserção de pessoas com deficiência visual em ações cooperativas.

O percurso teórico, tecnológico e metodológico desta tese foi pensado para promover atividades cooperativas, isto é, propiciar a interdependência positiva e a interação entre os participantes de um grupo. Nesse contexto, este trabalho aprofundou uma investigação sobre questões relativas à percepção de pessoas com deficiência visual em espaços de trabalho Web síncronos e coletivos. Portanto, apesar de haver pesquisas anteriores que também se dedicaram a identificar o problema de estudo desta tese, nenhuma delas se utilizou de um cenário tecnológico implementado a partir de premissas propiciassem atividades cooperativas, tampouco, problematizou recursos de percepção para pessoas com deficiência visual para esse contexto.

Dessa forma a principal contribuição desta tese foi apresentar um caminho viável para que se possa desenvolver sistemas Web síncronos capazes de mediar atividades de natureza cooperativa e incluir, nesse processo, pessoas com deficiência visual. Uma segunda contribuição, não menos importante foi a prototipação de dois sistemas, Sound Chat e Cooperative Editor que, com alguns refinamentos de interface, viabilizarão seu uso como um recurso pedagógico em cursos presenciais.

No início da pesquisa, havia um receio de que os sujeitos com deficiência visual, os quais nunca tinham utilizado um sistema Web para escrita de texto de maneira coletiva, não conseguissem utilizar o Cooperative Editor. Por esse motivo, a primeira, e talvez a mais importante, conclusão deste trabalho foi demonstrar que existem evidências de que pessoas com deficiência visual podem participar de uma atividade cooperativa em condição de equidade quando um sistema Web síncrono estiver recursos de suporte à percepção.

Outro ponto importante foi o de constatar que a teoria de *workspace awareness* (GUTWIN; GREENBERG, 2002) (ANTUNES *et al.*, 2014) serviu para nortear a implementação dos elementos de suporte à percepção de tal maneira que não foram implementados recursos não abarcados por esse referencial teórico. Desse modo, foi observado que as categorias descritas pelos princípios de *workspace awareness* fornecem um caminho que pode ser seguido por desenvolvedores para implementar funcionalidades de suporte à percepção para os sujeitos com deficiência visual.

Os estudos de Sallnäs, Bjerstedt-Blom e Winberg (2006), Mcgookin e Brewster (2007), Kuber, Yu e Mcallister (2007), que apontam o diálogo como uma maneira fundamental para manter a percepção foram comprovados. Apesar da investigação com o Cooperative Editor ter sido estruturada de modo a não permitir que os sujeitos estabelecessem uma conversa verbal, percebeu-se que, principalmente, S₄ utilizava o bate-papo do sistema como uma estratégia de suporte à percepção. Com isso, entende-se a importância da implementação de uma forma de comunicação nesses sistemas, visto que esse recurso presta um auxílio substancial às pessoas com deficiência visual.

Os elementos de suporte à percepção implementados por meio de *earcons*, quando utilizados com pouca frequência, não foram suficientes para que os sujeitos se lembrassem de suas funcionalidades. Por outro lado, as notificações que usavam falas mostraram ser lembradas mesmo em situações de pouca frequência. Logo, entende-se que existem evidências de que as notificações pouco utilizadas tendem a ser melhor implementadas com recursos sonoros concretos e de fácil associação pelos sujeitos.

Os dados do estudo com o Cooperative Editor revelaram que para permitir aos sujeitos o acompanhamento do progresso da tarefa, os objetos compartilhados no espaço de trabalho demandam por informação de percepção. Durante a realização do estudo e também nas entrevistas, S₄ frisou, por diversas vezes, que gostaria de ser mais informado sobre o estado do texto compartilhado. Entende-se, portanto, que os objetos compartilhados no espaço de trabalho tendem a demandar por informação de percepção e, por essa razão, é preciso ter o cuidado de informar constantemente os participantes durante a atividade, sem prejudicar a experiência de interação dos usuários com os sistemas.

De maneira geral, a ideia de se utilizar duas vozes, uma do leitor de tela e outra do sistema, não ofereceu uma melhor experiência para os sujeitos, o que contraria a suposição de Thiessen e Chen (2007). Apesar disso, foi observado que os sujeitos não questionaram quando o sistema utilizava uma segunda voz para pontualmente informar acerca do objeto compartilhado. Concluiu-se, com isso, que, se aplicadas de maneira precisa, como para chamar a atenção dos usuários para os objetos compartilhados, duas vozes podem ser utilizadas no sistema.

O *text-to-speech* (TTS) pode ser utilizado como tecnologia para manter a informação de percepção. Entretanto, notou-se que as regiões vivas proporcionaram uma melhor experiência para

os sujeitos, uma vez que facilitam as alterações nas configurações de voz e não sobrepõem mensagens/sons.

Importante lembrar que quanto maior o número de requisitos de *workspace awareness* implementados, maior será a quantidade de notificações fornecidas ao participante. O Cooperative Editor implementou 83% dos elementos de percepção, por essa razão, a interação dos sujeitos com o sistema gerava um grande número de notificações. Entretanto, quando, momentaneamente, perdiam alguma informação, os sujeitos voltavam a perceber o contexto e, conseqüentemente, retomavam o progresso da tarefa. Assim, apesar dos resultados evidenciarem problemas relacionados à oportunidade, à lembrança e validade do som, isso não se configurou como um problema para os participantes, pois, os sistemas com uma grande quantidade de notificações, ao mesmo tempo, tendem a reduzir esses problemas relacionados à informação de percepção disponibilizada em áudio.

Diferente da estratégia adotada por Sanchez e Baloian (2006), em que os sujeitos demandavam pela informação de percepção, entende-se que, nas investigações realizadas por esta pesquisa, não houve motivos para se privilegiar sistemas nos quais os usuários requisitassem por esse tipo de estratégia, uma vez que os problemas de oportunidade, lembrança e validade do som não demonstraram surtir experiências negativas aos usuários no contexto do Cooperative Editor, uma vez que, a quantidade de notificações geradas não causou qualquer tipo de perturbação aos sujeitos que participaram da pesquisa.

Quanto aos atalhos, existe uma relação inversamente proporcional entre a experiência dos sujeitos e a necessidade de implementação de atalhos. No entanto, os resultados revelaram que, independente do perfil dos sujeitos, experientes e inexperientes no uso de dispositivos computacionais, os atalhos de movimentação demonstraram ser fundamentais para a navegação/operação dos sujeitos nesse contexto de sistema. Recomenda-se, fortemente, portanto, que se implemente atalhos para que os sujeitos possam se movimentar mais facilmente pela tela. Além disso, cabe destacar inclusive que os sujeitos mais experientes utilizavam esse recurso como forma de obter o estado de parte da interface.

Outra recomendação registrada pela pesquisa foi que o volume dos ícones auditivos e *earcons* não pode ser mais alto que o som do leitor de tela. Como existe uma diferença de volume entre o som produzido pelos sistemas operacionais, é importante que o volume seja testado em

diversas situações e sistemas. Como regra geral, quando o ganho do áudio ficar entre -12dB e -06dB , o som produzido tende a ser adequado se comparado ao volume do leitor de tela.

A métrica de Jimoyiannis e Roussinos (2017), utilizada para avaliar as atividades coletivas, mostrou-se adequada aos propósitos da pesquisa. Porém, para compreender melhor uma atividade cooperativa, precisa-se contabilizar a informação de reciprocidade como forma de verificar a interação entre os sujeitos. Outro ponto relativo a essa métrica foi o fato de possuir muitas categorias e, portanto, ser sua utilização trabalhosa pelo volume dos dados gerados em virtudes da quantidade de categorias.

Com a adaptação realizada na métrica proposta por Jimoyiannis e Roussinos (2017), e sua aplicação nos dados da interação dos sujeitos com deficiência visual e o Cooperative Editor, entende-se que o sistema seja capaz de mediar atividades cooperativas. O sistema conduziu para a realização de uma atividade interdependente e, ainda que de forma tímida, foi possível observar rastros de reciprocidade na interação dos sujeitos, o que apresenta evidências de que a cooperação definida por Piaget (1973) de fato possa ter acontecido.

Portanto, apesar desta investigação ter sido conduzida com um número reduzido de sujeitos, é possível dizer que os resultados e as discussões possibilitam orientar o desenvolvimento de novos sistemas Web síncronos e cooperativos, posto que, atualmente, a principal referência de acessibilidade na Web, o WCAG, não considera recomendações para a inclusão de pessoas com deficiência nesse contexto de sistema de ação síncrona.

Os resultados da tese demonstraram, de maneira prática, uma forma de se construir e também avaliar a ação de sujeitos em um sistema que proporcione atividades cooperativas. Neste caso, por ser *softwares* de código aberto, a implementação do Sound Chat e do Cooperative Editor cria a oportunidade de aprimoramento e sua efetiva aplicação em situações nas quais se deseja promover a equidade entre participantes com e sem deficiência em contextos de ação cooperativa.

6.1. TRABALHOS FUTUROS

Existem algumas perspectivas de encaminhamentos futuros ao trabalho realizado nesta tese. Um próximo ponto de investigação estaria relacionado com a própria evolução do Cooperative Editor para suportar a inserção de imagens e de estratégias de audiodescrição. Soma-se, a esse processo de qualificação do sistema novos elementos de suporte à percepção relacionados a

recursos de *feedback* sonoro para auxiliar os sujeitos no posicionamento espacial de um objeto no texto.

Uma das limitações dos estudos realizados foi o fato de que os sistemas não foram testados em *tablets* e *smartphones*. Entende-se que experimentos em telas sensíveis ao toque poderiam auxiliar os sujeitos, principalmente, com as questões de localização os elementos da interface, uma vez que, neste caso, não seria necessária a navegação linear imposta pelo leitor de tela. Pesquisa anteriormente realiza evidenciou a viabilidade do uso de dispositivos móveis para potencializar a localização de objetos da interface (MACHADO; MACHADO; CONFORTO, 2014). A importância dessa perspectiva investigativa pode ser constatada, pois todos os sujeitos desta pesquisa utilizam diariamente dispositivos móveis e, portanto, estão acostumados com esse tipo de interface. O sujeito S₁ é um exemplo disso, não utiliza computadores de mesa com frequência, mas sempre se comunica por meio de um *smartphone*.

Os experimentos com os dispositivos móveis abririam outras questões de pesquisa, como, por exemplo, a responsividade das interfaces, que muitas vezes ocultam elementos para se ajustar na tela. Elas causariam dificuldades às pessoas com deficiência visual num contexto de sistema colaborativo? Plataformas móveis exigiriam novos elementos de suporte à percepção? Quais as vantagens e desvantagens da interação de pessoas com deficiência visual em dispositivos móveis em comparação com a interação em computadores de mesa em um sistema Web síncrono e cooperativo? Portanto, percebe-se uma série de questões relativas ao uso de dispositivos móveis e seu potencial investigativo.

Os elementos de suporte à percepção para pessoas com deficiência visual desta tese foram desenvolvidos utilizando-se o áudio como único meio de transmitir as informações. Cabe destacar, no entanto, que outros tipos de interfaces podem e devem ser explorados, como, por exemplo, as interfaces táteis. A partir dessa possibilidade, surgem novas perguntas de pesquisa, como: Quais das notificações poderiam ser implementadas por meio de vibração? Os sujeitos fariam associação semântica entre os eventos do sistema e os tipos de vibração? A vibração prejudicaria a interação dos sujeitos no contexto de um sistema síncrono e cooperativo?

Um dos principais problemas enfrentados nos estudos desta tese foi identificar o usuário que originou um evento no sistema, ou seja, a informação associada à subcategoria “Quem” da categoria “Tarefa”. Os sistemas desenvolvidos nesta investigação utilizaram falas, por meio de *text-to-speech* e regiões vivas, para informar o participante que originou o evento. Apesar do uso

da fala como solução ter sido validada, investigar outras estratégias para otimizar a transmissão da informação coloca-se como um relevante tema de pesquisa.

Sistemas que permitem colocar o áudio de cada participante em pontos espaciais determinados (direita, esquerda, na frente, a atrás) poderiam fornecer elementos de identificação de cada usuário. Dessa forma, se os usuários soubessem a posição espacial de cada participante, poderia reduzir o tempo de identificação do autor do evento. Pode-se também acrescentar alguma característica ao som gerado por cada pessoa, como um *reverb*, um *delay* ou um *drive*. A utilização de elementos espaciais e/ou efeitos sonoros implicaria em pelo menos uma nova questão de pesquisa: os sujeitos conseguiriam associar os colegas à posição espacial e/ou ao efeito sonoro com a mesma precisão evidenciada pelas falas?

A métrica utilizada para avaliar a ação cooperativa poderia ser outro tema para pesquisas futuras. Apesar das categorias se mostrarem úteis para a compreensão do trabalho coletivo realizado pelos participantes de um grupo, a grande quantidade de informação que deve ser coletada torna o trabalho de avaliação uma tarefa demorada. Desse modo, num cenário em que professores precisam avaliar o trabalho de vários grupos, criar ferramentas que automatizem processos avaliativos seriam úteis para liberar o tempo dos professores para etapas importantes como a de planejamento. A métrica utiliza algumas categorias para as quais basta contabilizar informação. Entretanto, existem outras categorias mais difíceis de se atingir, como, a reciprocidade. Em vista disso, entende-se que o tema da automatização da avaliação merece ser analisado de maneira mais profunda e se coloca como um problema em aberto para futuras investigações, especialmente as que estão inseridas no campo de conhecimento do processamento de linguagem natural.

Os sujeitos com deficiência visual devem manter atualizada a informação de percepção e também o progresso da tarefa para poder utilizar um sistema Web de ação síncrona e coletiva. No entanto, como esses sujeitos se usam predominantemente da audição para receber informações, a quantidade de dados de percepção em áudio somada aos sons do leitor de tela poderia causar uma elevação da carga cognitiva ao longo do tempo, provocando um aumento dos erros cometidos na interação com o sistema. Atualmente, existem algumas formas de medir a carga cognitiva (CHEN *et al.*, 2016), porém, torna-se imprescindível consolidar técnicas não intrusivas de medição a partir dos registros de interação entre os sujeitos com deficiência visual e o sistema.

Como é possível constatar, existe uma série de caminhos investigativos a serem seguidos na direção de contribuir com melhorias na interação de sujeitos com e sem deficiência visual em sistemas Web síncronos, como também na construção de métodos avaliativos para atividades colaborativas e cooperativas de maneira semiautomática ou automática.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDE. **Relatório analítico da aprendizagem a distância no Brasil**. 2019. Disponível em: <http://abed.org.br/arquivos/CENSO_EAD_BR_2018_digital_completo.pdf>. Acesso em: 8 jul. 2019.

ADENOT, Paul; WILSON, Chris. **Web Audio API**. 2015. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/webaudio/>>. Acesso em: 5 abr. 2017.

ANTUNES, Pedro et al. Reviewing the quality of awareness support in collaborative applications. **Journal of Systems and Software**, [s. l.], v. 89, p. 146–169, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0164121213002756>>

ARONS, Barry. A Review of The Cocktail Party Effect. **JOURNAL OF THE AMERICAN VOICE I/O SOCIETY**, [s. l.], v. 12, p. 35–50, 1992.

BARDAM, Jakob E.; HANSEN, Thomas R. Context-Based Workplace Awareness. **Computer Supported Cooperative Work (CSCW)**, [s. l.], v. 19, n. 2, p. 105–138, 2010. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10606-010-9110-2>>

BENDER, Willian N. **Aprendizagem Baseada em Projetos**. 1. ed. Porto Alegre: Penso, 2014.

BLATTNER, Meera M.; SUMIKAWA, Denise A.; GREENBERG, Robert M. Earcons and Icons: Their Structure and Common Design Principles. **Human–Computer Interaction**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 11–44, 1989. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s15327051hci0401_1%5Cnhttp://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s15327051hci0401_1#.UYiLK6IqTzw>

BRINCK, Tom; GOMEZ, Louis M. A collaborative medium for the support of conversational props. In: **PROCEEDINGS OF THE 1992 ACM CONFERENCE ON COMPUTER-SUPPORTED COOPERATIVE WORK - CSCW '92 1992**, New York, New York, USA. **Anais...** New York, New York, USA: ACM Press, 1992. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=143457.143476>>

BUZZI, Maria Claudia et al. Collaborative Editing: Collaboration, Awareness and Accessibility Issues for the Blind. In: **On the Move to Meaningful Internet Systems: OTM 2014 Workshops**. [s.l.] : Springer Berlin Heidelberg, 2014. p. 567–573.

CALDWELL, Ben et al. **Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0**. 2008.

Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/2008/REC-WCAG20-20081211/>>. Acesso em: 24 abr. 2016.

CASTELLANO, R. E.; MONTOYA, R. S. **Laptop, andamiaje para la Educación Especial: guía práctica, computadoras móviles en el currículo** Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO) Montevideo, Uruguay, 2011.

CAZDEN, Courtney. **Classroom Discourse: The Language of Teaching and Learning**. 2. ed. [s.l.] : Heinemann, 2001.

CHARTERS, Elizabeth. The use of think-aloud methods in qualitative research an introduction to think-aloud methods. **Brock Education Journal**, [s. l.], v. 12, n. 2, p. 68–82, 2003.

CHEN, Fang et al. **Robust Multimodal Cognitive Load Measurement**. Cham: Springer International Publishing, 2016. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-31700-7>>

COHEN, Elizabeth G. **Planejando o Trabalho em Grupo**. 3. ed. Porto Alegre: Penso, 2017.

CSAPÓ, Ádám; WERSÉNYI, György. Overview of auditory representations in human-machine interfaces. **ACM Computing Surveys**, [s. l.], v. 46, n. 2, p. 1–23, 2013. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84892647555&partnerID=tZOtx3y1>>

DAMÁSIO, António. **O Erro de Descartes**. 1. ed. [s.l.] : Companhia das Letras, 2012.

DIGGS, Joanmarie et al. **Accessible Rich Internet Applications (WAI-ARIA) 1.1**. 2016. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/wai-aria-1.1/>>. Acesso em: 24 abr. 2016.

DIX, Alan et al. Exploiting Space and Location as a Design Framework for Interactive Mobile Systems. **ACM Transactions on Computer-Human Interaction**, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 285–321, 2000. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/355324.355325>>

DOURISH, Paul. Re-space-ing place. In: PROCEEDINGS OF THE 2006 20TH ANNIVERSARY CONFERENCE ON COMPUTER SUPPORTED COOPERATIVE WORK - CSCW '06 2006, New York, New York, USA. **Anais...** New York, New York, USA: ACM Press, 2006.

Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1180875.1180921&coll=ACM&dl=ACM&CFID=78177206&CFTOKEN=77465977>>

DOURISH, Paul; BELLOTTI, Victoria. Awareness and coordination in shared workspaces. In: PROCEEDINGS OF THE 1992 ACM CONFERENCE ON COMPUTER-SUPPORTED

COOPERATIVE WORK - CSCW '92 1992, New York, New York, USA. **Anais...** New York, New York, USA: ACM Press, 1992. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=143457.143468>>

ENDSLEY, Mica R. Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, [s. l.], v. 37, n. 1, p. 32–64, 1995. Disponível em: <<http://hfs.sagepub.com/cgi/doi/10.1518/001872095779049543>>

FARIA, Paulo M.; PAULO, Cardo. **Revisão Sistemática da Literatura: contributo para um novo Paradigma Investigativo**. [s.l.] : Amazon Digital Services LLC, 2016.

GARRISON, D. R. Critical thinking and adult education: A conceptual model for developing critical thinking in adult learners. **International Journal of Lifelong Education**, [s. l.], v. 10, n. 4, p. 287–303, 1991.

GARRISON, D. Rand.; ANDERSON, Terry; ARCHER, Walter. Critical Inquiry in a Text-Based Environment: Computer Conferencing in Higher Education. **The Internet and Higher Education**, [s. l.], v. 2, n. 2–3, p. 87–105, 1999. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1096751600000166>>

GAVER, William W. Auditory Icons: Using Sound in Computer Interfaces. **Human-Computer Interaction**, [s. l.], v. 2, n. 2, p. 167–177, 1986. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s15327051hci0202_3>

GAVER, William W. Sound support for collaboration. **Proceedings of the Second European Conference on Computer-Supported Collaborative Work**, [s. l.], n. 1991, p. 293–308, 1991.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. [s.l.] : Atlas, 2008.

GREENBERG, Saul; MARWOOD, David. Real time groupware as a distributed system. In: PROCEEDINGS OF THE 1994 ACM CONFERENCE ON COMPUTER SUPPORTED COOPERATIVE WORK - CSCW '94 1994, New York, New York, USA. **Anais...** New York, New York, USA: ACM Press, 1994. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=192844.193011>>

GUTWIN, Carl; GREENBERG, Saul. The effects of workspace awareness support on the usability of real-time distributed groupware. **Interactions**, [s. l.], v. 7, n. 4, p. 9–13, 1999.

GUTWIN, Carl; GREENBERG, Saul. A descriptive framework of workspace awareness

for real-time groupware. **Computer Supported Cooperative Work**, [s. l.], v. 11, n. 3–4, p. 411–446, 2002.

HOOVER, Simon. Cooperative learning and computer-based instruction. **Educational Technology Research and Development**, [s. l.], v. 40, n. 3, p. 21–38, 1992.

JACOBS, George M.; POWER, Michael A.; LOH, Wann Inn. The Teacher's Sourcebook for Cooperative Learning: Practical Techniques, Basic Principles, and Frequently Asked Questions. In: [s.l.] : Skyhorse Publishing; Reissue edition, 2016. p. 47–52.

JEON, Myounghoon; WALKER, Bruce N. Spindex (Speech Index) Improves Auditory Menu Acceptance and Navigation Performance. **ACM Transactions on Accessible Computing**, [s. l.], v. 3, n. 3, p. 1–26, 2011. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1952383.1952385>>

JIMOYIANNIS, Athanassios; ROUSSINOS, Dimitrios. Students' collaborative patterns in a wiki-authoring project: Towards a theoretical and analysis framework. **Journal of Applied Research in Higher Education**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 24–39, 2017.

JOHNSON, David W.; JOHNSON, Roger T. **Cooperation and the use of technology**. [s.l.] : Macmillan, 1996.

JOHNSON, David W.; JOHNSON, Roger T.; HOLUBEC, Edythe Johnson. **Circles of Learning: Cooperation in the Classroom**. 6. ed. [s.l.] : Association for Supervision and Curriculum Development, 1984.

KUBER, Ravi; YU, Wai; MCALLISTER, G. A non-visual approach to improving collaboration between blind and sighted internet users. **Universal Access in Human-Computer Interaction, Applications and Services**, [s. l.], v. 4556, p. 913–922, 2007. Disponível em: <http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-73283-9_99>

MACEACHREN, Alan M. Moving Geovisualization toward Support for Group Work. In: **Exploring Geovisualization**. [s.l.] : Elsevier, 2005. p. 445–461.

MACHADO, Douglas Ritter; MACHADO, Rodrigo Prestes; CONFORTO, Débora. Dispositivos Móveis e Usuários Cegos: Recomendação de Acessibilidade em Discussão. In: XIX CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO 2014, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza

MACHADO, Rodrigo Prestes. **Data from a systematic review of problems and solution about the interaction of visually impaired users in collaborative systems**. 2017. Disponível em:

<<https://data.mendeley.com/datasets/bxtbf422dp/1>>. Acesso em: 16 fev. 2017.

MACHADO, Rodrigo Prestes et al. Implementation of Sound Workspace Awareness to Visually Impaired Users in Synchronous and Cooperative Web Applications. **Novas Tecnologias na Educação**, [s. l.], v. 2, p. 1–10, 2017.

MACHADO, Rodrigo Prestes. **Protocolo para coleta dos dados de pesquisa em experimentos com o sistema Sound Chat**. 2018. Disponível em: <<https://data.mendeley.com/datasets/73x88dn5fw/1>>. Acesso em: 19 fev. 2018.

MACHADO, Rodrigo Prestes et al. **A synchronous and cooperative editor for sound workspace awareness testing**. 2018. Disponível em: <<https://github.com/rodrigoprestesmachado/cooperative-editor>>. Acesso em: 15 fev. 2018.

MACHADO, Rodrigo Prestes; CONFORTO, Débora; SANTAROSA, Lucila. Awareness elements on collaborative online editors from the perspective of people with visual impairment. In: PROCEEDINGS OF THE 15TH BRAZILIAN SYMPOSIUM ON HUMAN FACTORS IN COMPUTER SYSTEMS - IHC '16 2016, New York, New York, USA. **Anais...** New York, New York, USA: ACM Press, 2016. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=3033701.3033705>>

MCGEE-LENNON, Marilyn et al. Name that tune: musicons as reminders in the home. In: PROCEEDINGS OF THE 2011 ANNUAL CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS - CHI '11 2011, New York, New York, USA. **Anais...** New York, New York, USA: ACM Press, 2011. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=1978942.1979357>>

MCGOOKIN, David; BREWSTER, Stephen. An initial investigation into non-visual computer supported collaboration. **CHI '07 extended abstracts on Human factors in computing systems**, [s. l.], p. 2573, 2007. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1240866.1241043>>

MCLACHLAN, R.; MCGEE-LENNON, M.; BREWSTER, Stephen a. The Sound of Musicons: Investigating the Design of Musically Derived Audio Cues. **Proceedings of the 18th International Conference on Auditory Display**, [s. l.], p. 148–155, 2012. Disponível em: <<http://smartech.gatech.edu/handle/1853/44429>>

MORAES, Roque. **Uma tempestade de luz: a com-preensão possibilitada pela análise textual discursiva**. 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v9n2/04.pdf>>. Acesso

em: 24 abr. 2016.

MORI, Giulio et al. Making “Google Docs” User Interface More Accessible for Blind People. **Advances in New Technologies, Interactive Interfaces, and Communicability SE - 4**, [s. l.], v. 6616, p. 20–29, 2011. a. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-20810-2_4>

MORI, Giulio et al. Collaborative Editing for All : the Google Docs Example Accessibility and usability of Google Docs Collaborative Features. [s. l.], p. 1–10, 2011. b.

NÉMETH, G.; OLASZY, G.; CSAPÓ, TG. Spemoticons: Text-To-Speech based emotional auditory cues. **International Conference on Auditory Display (ICAD) 2011**, [s. l.], 2011. Disponível em: <<http://speechlab.tmit.bme.hu/downloads/NemethOlaszyCsapo-icad2011-paper.pdf>>

PARSEIHIAN, Gaëtan;; KATZ, Brian F. G. Morphocons: A new sonification concept based on morphological earcons. **Audio Eng.**, [s. l.], p. 409–418, 2012.

PIAGET, Jean. **Estudos Sociológicos**. [s.l.] : Forense, 1973.

PIMENTEL, Mariano; FUKS, Hugo. **Sistemas Colaborativos**. [s.l.] : Elsevier Inc., 2011.

POLYMER. **Polymer Project**. 2017. Disponível em: <<https://www.polymer-project.org>>. Acesso em: 1 dez. 2017.

POSTMAN, Neil; POSTMAN, Andrew. **Amusing Ourselves to Death: Public Discourse in the Age of Show Business**. [s.l.] : Penguin Books, 2005.

SALLNÄS, Eva-lotta; BJERSTEDT-BLOM, Kajsa; WINBERG, Fredrik. Navigation and Control in Haptic Applications Shared. **Haptic and Audio Interaction Design**, [s. l.], p. 68–80, 2006.

SALLNÄS, Eva Lotta; MOLL, Jonas; SEVERINSON-EKLUNDH, Kerstin. Group work about geometrical concepts among blind and sighted pupils using haptic interfaces. **Proceedings - Second Joint EuroHaptics Conference and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems, World Haptics 2007**, [s. l.], p. 330–335, 2007.

SALMON, Paul M. et al. What Really Is Going on? Review, Critique and Extension of Situation Awareness Theory. In: **Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007. p. 407–416.

SALVADOR, Tony; SCHOLTZ, Jean; LARSON, James. The Denver model for groupware design. **ACM SIGCHI Bulletin**, [s. l.], v. 28, n. 1, p. 52–58, 1996. Disponível em:

<<http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=249170.249185>>

SANCHEZ, Jaime; BALOIAN, Nelson. Issues in implementing awareness in collaborative software for blind people. **Computers Helping People With Special Needs, Proceedings**, [s. l.], v. 4061, p. 1318–1325, 2006.

SANTAROSA, Lucila; CONFORTO, Débora; MACHADO, Rodrigo Prestes. Whiteboard: Synchronism, accessibility, protagonism and collective authorship for human diversity on Web 2.0. **Computers in Human Behavior**, [s. l.], v. 31, n. 1, p. 591–601, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2013.06.028>>

SEEBODE, Julia; SCHLEICHER, Robert; MÖLLER, Sebastian. Affective quality of audio feedback in different contexts. In: PROCEEDINGS OF THE 11TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON MOBILE AND UBIQUITOUS MULTIMEDIA - MUM '12 2012, New York, New York, USA. **Anais...** New York, New York, USA: ACM Press, 2012. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2406367.2406407>>

SHIRES, Glen; WENNBORG, Hans. **Web Speech API Specification**. 2012. Disponível em: <<https://dvcs.w3.org/hg/speech-api/raw-file/tip/speechapi.html>>. Acesso em: 5 abr. 2017.

TALAEI-KHOEI, Amir et al. Policy-based Awareness Management (PAM): Case study of a wireless communication system at a hospital. **Journal of Systems and Software**, [s. l.], v. 84, n. 10, p. 1791–1805, 2011. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0164121211001245>>

TANG, John C. Listing, drawing and gesturing in design: A study of the use of shared workspaces by design teams. [s. l.], 1989.

THIESSEN, Peter. WAI-ARIA live regions and HTML5. **Proceedings of the International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility - W4A '11**, [s. l.], p. 1, 2011. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1969289.1969324>>

THIESSEN, Peter; CHEN, Charles. Ajax live regions: chat as a case example. **Proceedings of the 2007 international cross-disciplinary conference on Web accessibility (W4A)**, [s. l.], p. 7–14, 2007.

THIESSEN, Peter; V, B.; HOCKEMA, Stephen. WAI-ARIA Live Regions : eBuddy IM as a Case Example. **W4A2010- Technical Paper, April 26–27, 2010, Raleigh, NC, USA. Co-Located with the 19th International World Wide Web Conference.**, [s. l.], 2010.

TIM O'REILLY. **What Is Web 2.0: Design Patterns and Business Models for the Next**

Generation of Software. 2005. Disponível em: <<http://www.oreilly.com/pub/a/web2/archive/what-is-web-20.html>>. Acesso em: 23 abr. 2016.

TOURAINÉ, Alain. **Pensar Outramente. O Discurso Interpretativo Dominante.** 1. ed. [s.l.] : Vozes, 2009.

TUCKMAN, Bruce W.; JENSEN, Mary Ann C. Stages of Small-Group Development Revisited. **Group & Organization Studies**, [s. l.], v. 2, n. December, p. 419–427, 1977.

VAN DE VEN, Andrew H.; DELBECQ, Andre L.; KOENIG JR., Richard. Determinants of Coordination Modes within Organizations. **American Sociological Review**, [s. l.], v. 41, n. 2, p. 322–338, 1976. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2094477> .>

VYGOTSKY, Lev Semyonovich. **A Formação Social da Mente.** 2. ed. [s.l.] : Martins Editora, 2007.

WALKER, Bruce N.; NANCE, A.; LINDSAY, Jeffrey. Spearcons: speech-based earcons improve navigation performance in auditory menus. **Proceedings of the International Conference on Auditory Display**, [s. l.], p. 95–98, 2006. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.136.437>>

WERSÉNYI, G. Evaluation of User Habits for Creating Auditory Representations of Different Software Applications for Blind Persons. **Proceedings of the 14th International Conference on Auditory Display (ICAD2008)**, [s. l.], p. 5–9, 2008.

WERSÉNYI, György. Auditory Representations of a Graphical User Interface for a Better Human-Computer Interaction. In: [s.l: s.n.]. p. 80–102.

WINBERG, Fredrik. Supporting Cross-Modal Collaboration : Addind a Social Dimension to Accessibility. **Haptic and Audio Interaction Design**, [s. l.], p. 102–110, 2006.

XIAO, Lu. The effects of a shared free form rationale space in collaborative learning activities. **Journal of Systems and Software**, [s. l.], v. 86, n. 7, p. 1727–1737, 2013. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0164121212002178>>