

# Em direção à um checklist para garantia da qualidade em atributos de acessibilidade das tecnologias emergentes de RV e RA

Larissa Cardoso Xavier, Fábio Paulo Basso

<sup>1</sup> Universidade Federal do Pampa (Unipampa) – Campus Alegrete  
Av. Tiarajú, 810, Ibirapuitã — Alegrete, RS – Brasil

{larissaxavier.aluno, fabiobasso}@unipampa.edu.br

**Abstract.** *Emerging technologies are increasingly contributing to people's daily lives. With great revolutionary power and aggregation of its potential, a need in software factories is to add inclusion features for people with disabilities in software products. In an ad-hoc search of the literature for software quality material aimed at ensuring accessibility in software development for emerging technologies, such as guidelines and best practices, an important lack was identified: a Verification and Validation (V&V) checklist for technologies emerging. As a first step in this direction, this article aims to highlight the importance of accessibility in emerging technologies in the V&V stages of software engineering to serve a broad and diverse audience in a checklist that derives best practices to consider in the development of emerging software for Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR).*

**Resumo.** *As tecnologias emergentes estão contribuindo cada vez mais para o dia a dia das pessoas. Com grande poder revolucionário e agregação de seu potencial, uma necessidade nas fábricas de software é agregar características de inclusão para pessoas com deficiência nos produtos de software. Em uma busca ad hoc da literatura por material de qualidade de software voltado para garantir acessibilidade no desenvolvimento de software para tecnologias emergentes, como diretrizes e melhores práticas, identificou-se uma carência importante: um checklist de Verificação e Validação (V&V) para tecnologias emergentes. Como primeiro passo nesta direção, o presente artigo visa destacar a importância da acessibilidade nas tecnologias emergentes nas etapas de V&V da engenharia de software para assim atender um público amplo e diversificado em um checklist que deriva melhores práticas para se considerar no desenvolvimento de softwares emergentes para Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA).*

## 1. Introdução

As tecnologias emergentes são recursos que ainda estão em desenvolvimento e possuem poder transformador onde aplicados. São exemplos a Realidade Virtual (RV) e a Realidade Aumentada (RA), ambas com aplicações variadas, desde entretenimento até educação e setores profissionais. A imersão e interatividade proporcionadas por essas tecnologias têm o potencial de transformar a maneira como interagimos com o mundo digital e físico.

Há um capítulo na Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (LBI), lei de nº 13.146, no que diz respeito sobre o acesso à informação e comunicação, abordando a acessibilidade pela internet no Brasil. A lei trata dos direitos da pessoa com deficiência no acesso a produtos, especialmente em recursos tecnológicos. A prioridade é garantir a qualidade de vida e a autonomia desses indivíduos.

A acessibilidade é uma preocupação central ao desenvolver aplicações de RV e RA. Para garantir que essas tecnologias sejam inclusivas, é necessário considerar a experiência de usuários com deficiências visuais, auditivas, motoras, cognitivas, entre outras.

Existem alguns desafios da acessibilidade nas tecnologias emergentes. A falta de padrões e diretrizes estabelecidos é um deles. Como tecnologias emergentes estão em constante evolução, muitas vezes não existem diretrizes ou padrões claros de acessibilidade, tornando difícil para desenvolvedores e designers saberem por onde começar. Outra questão a ser considerada é a compatibilidade com a diversidade de dispositivos e plataformas em tecnologias emergentes, requerendo adaptações e testes para garantir que a acessibilidade funcione de maneira consistente em todas as opções disponíveis.

O artigo visa contribuir na área de engenharia de software, especificamente no contexto das tecnologias emergentes, como Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA). Sua principal contribuição reside na identificação da necessidade de um checklist de Verificação e Validação (V&V) voltado para tecnologias emergentes, com foco na inclusão de pessoas com deficiência. Além disso, o artigo destaca a importância da acessibilidade em produtos de software para tecnologias emergentes e melhores práticas que podem ser incorporadas no desenvolvimento desses produtos. Essa contribuição é relevante não apenas para profissionais da área de desenvolvimento de software, mas também para aqueles que buscam promover a inclusão de um público amplo e diversificado, tornando as tecnologias emergentes mais acessíveis e úteis para todos os usuários.

O presente artigo trata de uma pesquisa em estágio inicial e é composto por diferentes aspectos relacionados à inclusão de artefatos de acessibilidade no desenvolvimento de produtos de software para tecnologias emergentes. Inicia-se com uma revisão ad-hoc bibliográfica na Seção 2, destacando contribuições-chaves que tratam do tema. Em seguida, na Seção 3, apresenta-se o resultado preliminar de uma interseção de requisitos de acessibilidade com a disciplina de Verificação e Validação (V&V) da Engenharia de Software. O capítulo também salienta a falta de um checklist de V&V específico para as tecnologias em ascensão, sugerindo uma alternativa que ainda precisa ser incrementada para considerar métricas de qualidade de software. Trata-se de checklist que incorpora melhores práticas para o desenvolvimento de software para Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA). Por fim, considerações finais são apresentadas na Seção 4, destacando a importância da acessibilidade nas tecnologias emergentes e os trabalhos futuros.

## **2. Revisão bibliográfica**

Inicialmente, realizou-se uma busca para explorar e entender o contexto do estudo no ChatGPT. Tomando como base inspirações obtidas pelo retorno desta plataforma, iniciou-se a execução de leituras sobre a aplicação da tecnologia de realidade virtual (RV) no desenvolvimento de produtos, com artigos base revelando seu potencial significativo para

a pesquisa, discutidos logo mais.

A interatividade fornecida pela RV permite uma avaliação mais precisa da usabilidade dos produtos virtuais, identificando erros de projeto de forma eficaz. Embora haja algumas limitações relacionadas ao sentido tátil na experiência do usuário, a incorporação de dispositivos hápticos melhora a realidade da experiência. A RV oferece a possibilidade de inovação no processo de desenvolvimento de produtos, permitindo a verificação e validação da interação homem-máquina em um ambiente digital seguro, resultando em correções ágeis e redução de custos com protótipos físicos.

A acessibilidade em ambientes educacionais é um requisito fundamental, conforme respaldado pela Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência. A acessibilidade em ambientes virtuais de aprendizagem é essencial para promover a inclusão de todos os alunos. No entanto, segundo [Fialho 2014], um estudo de caso realizado na UNIPAMPA revelou que muitos docentes enfrentam desafios na criação de materiais educacionais acessíveis, devido à falta de conhecimento sobre as práticas de acessibilidade. Essa pesquisa envolve a necessidade de orientar os professores na criação de materiais acessíveis e destacou a importância de garantir que os ambientes virtuais sigam as diretrizes de acessibilidade, como o Modelo de Acessibilidade de Governo Eletrônico. O objetivo é maximizar a acessibilidade para todos os usuários.

A aplicação de ambientes virtuais em terapia ocupacional mostra promessa no auxílio à recuperação de traumas que afetam as atividades cotidianas. A realidade virtual pode ser utilizada para treinar destreza, controle fino de movimentos e foco, oferecendo uma experiência imersiva e motivada. A combinação de dispositivos hápticos e visão de realidade virtual permite que os pacientes exerçam membros danificados, contribuindo para a reabilitação. Como mostra [de Oliveira et al. 2020] testes de usabilidade foram realizados para comparar configurações imersivas e não imersivas, mostrando o potencial benéfico dessa abordagem na terapia ocupacional.

O desenvolvimento de jogos costuma ser uma tarefa complexa, especialmente para pessoas sem conhecimento em programação. Nesse contexto, em [Junior et al. 2015] um aplicativo móvel foi desenvolvido para interpretar e executar jogos abrangentes com base em localização e realidade aumentada. A ferramenta permite a modelagem de jogos locativos e fornece uma abordagem mais acessível para a criação de jogos. Esse aplicativo Android oferece uma solução para simplificar o processo de criação e execução de jogos abrangentes, tornando-o mais acessível a um público mais amplo.

Tanto em [Kanschik et al. 2023], que explora o uso da Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) na medicina intensiva, quanto em [Cinnera et al. 2022], que investiga o uso da Realidade Virtual Imersiva (IVR) no tratamento de distúrbios de percepção visual após um acidente vascular cerebral, destaca-se a importância da acessibilidade a essas tecnologias avançadas. A RV e a RA oferecem oportunidades inovadoras para melhorar a qualidade dos cuidados de saúde, auxiliando na formação de profissionais médicos, reduzindo o estresse e a dor dos pacientes, bem como motivando a reabilitação. No entanto, a heterogeneidade nos estudos e nos protocolos indica a necessidade de futuras investigações para tornar essas tecnologias mais acessíveis e eficazes, ressaltando a importância de desenvolver critérios neurocientíficos comuns e garantir avaliações independentes para melhorar a acessibilidade e a qualidade dos cuidados proporcionados por

meio da RV e RA.

Como já tratado, são inúmeros os benefícios que a RA e a RV trazem. Em [Pinilla et al. 2023], é explorado o desenvolvimento de uma tecnologia para detectar estados afetivos. A partir de sinais de eletroencefalografia (EEG) com experimentos realizados em realidade virtual em tempo real. A análise dos sinais EEG pode ser usada para construir modelos de aprendizado de máquina que interpretem os estados afetivos dos usuários, potencialmente permitindo que esses estados afetivos sejam usados como comandos em uma Interface Cérebro-Computador (BCI). Uma distinção importante foi feita entre modelos dependentes do e independentes do usuário, com a técnica proposta visando construir modelos dependentes do usuário para adaptar-se às características individuais. Para uma implementação seria interessante utilizar EEG para capturar sentimentos e guiar os personagens em ambientes virtuais e aumentados.

### **3. Checklist de Acessibilidade para Verificação e Validação de Sistemas Emergentes de RV e RA**

Num segundo momento, buscou-se estudos mais focados no tema de V&V. Estes foram obtidos usando como palavras chave como acessibilidade na engenharia de software, validação e verificação de RA e RV, refinando para critérios de acessibilidade dentro da engenharia de software em tecnologias emergentes; houveram dificuldades para encontrar artigos relacionados, por se tratar de um assunto ainda embrionário. Portanto, primeiramente optou-se pela execução de um estudo ad-hoc, encontrando materiais chave e discutindo-os como segue.

A validação de sistemas virtuais visa garantir o funcionamento do produto conforme esperado, atendendo os requisitos especificados; é uma etapa essencial no processo de desenvolvimento de software especialmente em aplicações com RA e RV. Ela envolve testes rigorosos, com avaliação de desempenho e garantia de que a experiência do usuário seja satisfatória, incluindo a validação de elementos como interatividade, imersão, precisão de simulação e compatibilidade com hardware. A validação é essencial para garantir a confiabilidade e eficácia dos sistemas virtuais em diversas aplicações, como jogos e treinamento. Uma busca ad-hoc no Google por um checklist de V&V que apresentasse itens de acessibilidade para tecnologias emergentes de RV e RA resultou nos artigos apresentados na Tabela 1.

Processos distintos, a verificação e a validação, fazem parte das etapas da Engenharia de Software. A verificação e validação seguem sistemas de gerenciamento como a ISO. A partir da análise de trabalhos relacionados é notória a aplicação de técnicas para garantir acessibilidade em produtos com contratos de tecnologia emergente. Em especial o trabalho de Harris busca incluir características de acessibilidade em testes e validações. No entanto, identificou-se que nenhum dos estudos apresenta um agrupamento das características de acessibilidade que devem constar num processo de V&V.

Para resolver esta limitação, a Tabela 2 agrupa as características em um checklist como uma primeira alternativa. Apesar da novidade e relevância introduzida pelo checklist, é importante salientar que este é um trabalho ainda em desenvolvimento e que novas características devem ser identificadas conforme a pesquisa evoluir para um trabalho mais sistemático e construído sobre a ótica da Engenharia de Software Experimental.

**Tabela 1. Presença de características de acessibilidade em artigos**

<b>Autores / Título</b>	<b>Descrição</b>	<b>Acessibilidade</b>
[Delbes et al. 2022]	Programa de treinamento de marcha para idosos, para reduzir as quedas desses.	A utilização de um head-mounted display (HMD) possibilita simulações de treinamento imersivas, onde os idosos podem caminhar em ambientes virtuais. A ambição a longo prazo é desenvolver programas de treinamento de marcha personalizados e divertidos para essa população.
[Arthur et al. 2023]	Método imersivo para simular e/ou treinar habilidades médicas.	Habilidades visomotoras no contexto do treinamento em SBV. Tangenciando a acessibilidade como um requisito desejável.
[Guimaraes and Martins 2014]	Uma lista de verificação para avaliar a usabilidade de aplicações de realidade aumentada (AR), considerando suas características e requisitos únicos.	Fusão de mundos reais e virtuais: os aplicativos de RA combinam conteúdo virtual com o mundo real. Garantir uma integração perfeita e acessível desses dois mundos é crucial para a experiência do usuário. Interação em tempo real: os aplicativos AR permitem interações em tempo real. As avaliações de usabilidade devem levar em conta a necessidade de interações rápidas, intuitivas e acessíveis em ambientes dinâmicos.
[Smith 2021]	Ferramentas de avaliação de jogos com RV. Detectando problemas de usabilidade.	Possui um checklist que é recomendado para ser usado em estágios iniciais de desenvolvimento de jogos de VR, o que é uma prática importante para garantir que problemas de acessibilidade sejam abordados desde o início.
[Harris et al. 2020]	Para maximizar o treinamento em RV é apresentada uma abordagem baseada em evidências para o projeto e teste de simulação de RV.	Teste e validação apresentados envolvendo o uso de métricas específicas para avaliar a fidelidade e validade da experiência. Destacado também a evolução e atualização para melhorias de acessibilidade e usabilidade.

**Tabela 2. Checklist com alguns aspectos de acessibilidade para RA e RV**

<b>Aspecto</b>	<b>Itens</b>
Interface de Usuário e Navegação	<ul style="list-style-type: none"><li>• A interface é intuitiva e de fácil navegação para todos os usuários.</li><li>• O design da interface mantém contraste adequado entre elementos visuais e o fundo.</li><li>• Botões e elementos interativos possuem tamanho adequado para serem tocados com precisão.</li><li>• Opções de personalização de cores e contraste estão disponíveis para os usuários.</li></ul>
Compatibilidade com Tecnologias Assistivas	<ul style="list-style-type: none"><li>• A aplicação é compatível com leitores de tela.</li><li>• Controles e interações podem ser realizados com dispositivos adaptativos.</li><li>• A aplicação responde a comandos de voz emitidos por tecnologias assistivas.</li></ul>
Testes com Usuários Diversos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Testes de usabilidade e acessibilidade foram conduzidos com usuários com diferentes deficiências.</li><li>• O feedback dos testes foi incorporado para melhorar a experiência acessível.</li></ul>

Medir a acessibilidade é um desafio por si, mas métricas quantitativas e qualitativas podem ajudar a avaliar o desempenho da aplicação. Existe uma série de recomendações de acessibilidade desenvolvidas pelo W3C (World Wide Web) através do WAI na tradução Iniciativa de Acessibilidade na Web com colaboração de diversas organizações. Denominado Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) possui um conjunto de recomendações mais voltadas para web. Porém, podem ser replicadas em produtos que contém tecnologia emergente.

Seria o caso da International Organization for Standardization (ISO) 9241-171:2008, que fornece orientações e especificações ergonômicas para o design de software acessível. Abrange questões associadas à concepção de software acessível para pessoas com a mais ampla gama de capacidades físicas, sensoriais e cognitivas, incluindo pessoas com deficiência temporária e idosos.

Trabalhos futuros devem explorar métricas de acessibilidade para gerar uma base de conhecimento específica para a área que possa, em especial, caracterizar princípios de qualidade de software emergente. Por exemplo, atributos de qualidade interna podem incluir questões de desempenho, confiabilidade e usabilidade. Quanto ao desempenho é necessário uma garantia de que a tecnologia utilizada seja capaz de renderizar e operar de forma eficiente, para evitar atrasos visando a melhor experiência de usuários com necessidades especiais. Isto está relacionado com a confiabilidade, a tecnologia deve estar estável e não apresentar falhas frequentes durante a utilização. Por fim, a usabilidade, a interface deve ser intuitiva e fácil de usar por pessoas com necessidades especiais, tanto com deficiências cognitivas quanto com deficiências motoras.

Existem também atributos de qualidade externos. Neste caso é necessário ter um olhar para cada usuário. Um aspecto interessante para acessibilidade cognitiva é a simplificação da linguagem e design para tornar a tecnologia mais simples, muitos estímulos (sensoriais, visuais) podem não ser do interesse do usuário. Pensando na acessibilidade auditiva, incluir legendas, transcrições e suporte de dispositivos de auxílio auditivo para pessoas com deficiência auditiva.

#### **4. Considerações Finais e Trabalhos Futuros**

A introdução de tecnologias emergentes, como Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA), promete revolucionar a forma como interagimos com o mundo digital e físico. No entanto, para garantir que essas inovações sejam verdadeiramente transformadoras, é imperativo priorizar a acessibilidade desde as fases iniciais de desenvolvimento. A Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (LBI) destaca a importância crucial de assegurar a participação plena e efetiva de todas as pessoas na sociedade, incluindo aquelas com deficiências. Assim, garantir a acessibilidade em aplicações que utilizam tecnologias emergentes como a RV e a RA é fundamental para aproveitar todo o potencial dessas tecnologias. A verificação, validação, métricas e qualidade de software desempenham um papel vital nesse esforço. Ao priorizar a acessibilidade, podemos criar um ambiente inclusivo e equitativo, proporcionando experiências significativas para todos usuários.

Este artigo apresentou como principal contribuição um checklist proposto para a Verificação e Validação (V&V) de sistemas emergentes de RV e RA, um marco significativo na promoção da acessibilidade. Ao abranger elementos essenciais como a interface

do usuário, compatibilidade com tecnologias assistivas e testes abrangentes, o checklist proporciona uma estrutura robusta para avaliar a acessibilidade dessas tecnologias inovadoras.

A necessidade de considerar tanto os atributos de qualidade internos quanto externos durante o desenvolvimento é fundamental, o que caracteriza a limitação do trabalho proposto. Enquanto aspectos como desempenho e confiabilidade são cruciais, a atenção à acessibilidade cognitiva e auditiva é igualmente vital para garantir a inclusão de um espectro diversificado de usuários. A presença de características de acessibilidade em trabalhos relacionados destaca a crescente conscientização e importância atribuída a essa temática. No entanto, a ausência de um conjunto consolidado de características de acessibilidade em um processo de V&V enfatiza a relevância do checklist proposto. A referência ao Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) e à ISO 9241-171:2008 oferece um sólido ponto de partida para estabelecer padrões de acessibilidade. Esses guias estabelecidos na comunidade de desenvolvimento de software fornecem orientações concretas para criar produtos acessíveis.

No entanto, o checklist apresentado representa um trabalho em progresso. À medida que a pesquisa avança e novas características são identificadas, a estrutura do checklist pode ser aprimorada e refinada. Além disso, a necessidade de métricas específicas para avaliar a acessibilidade em tecnologias emergentes é um aspecto que merece atenção futura.

Como trabalhos futuros, pretende-se executar um estudo de mapeamento sistemático para identificar outras fontes de informações sobre acessibilidade em contextos de realidade virtual e aumentada. Tal estudo permitirá gerar um agrupamento de características de acessibilidade mais robusto, para então incrementar o checklist proposto. Além disso, o estudo também prevê a coleta de métricas e boas práticas para a garantia da qualidade de software de RA e RV.

## **Agradecimentos**

Agradecimentos à FAPERGS, ao CNPQ, ao Campus de Alegrete da Unipampa, à AGIPAMPA e à Zallpy por colaborarem com aportes financeiros para a execução e apresentação deste estudo.

## **Referências**

- Arthur, T., Loveland-Perkins, T., Williams, C., Harris, D., Wilson, M., de Burgh, T., Dhanda, J., and Vine, S. J. (2023). Examining the validity and fidelity of a virtual reality simulator for basic life support training. *BMC Digital Health*, 1.
- Cinerra, A. M., Bisirri, A., Chioccia, I., Leone, E., Ciancarelli, I., Iosa, M., Morone, G., and Verna, V. (2022). Exploring the potential of immersive virtual reality in the treatment of unilateral spatial neglect due to stroke: A comprehensive systematic review. *Brain Sci*, 12(11).
- de Oliveira, R., Teixeira, C., and de Oliveira, J. (2020). Ambientes virtuais para reabilitação terapêutica. In *Anais do XXII Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada*, pages 50–59, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.



- Delbes, L., Mascret, N., Goulon, C., and Montagne, G. (2022). Validation of an immersive virtual reality device accepted by seniors that preserves the adaptive behavior produced in the real world. *front bioeng biotechnol. Front Bioeng Biotechnol*, 10(917486).
- Fialho, G. L. (2014). Acessibilidade web em ambiente virtual de aprendizagem: um estudo de caso na unipampa. Technical report. 129 p. Acessado: 18/10/2023.
- Guimaraes, M. D. P. and Martins, V. F. (2014). A checklist to evaluate augmented reality applications. In *2014 XVI Symposium on Virtual and Augmented Reality*, pages 45–52.
- Harris, D. J., Bird, J. M., Smart, P. A., Wilson, M. R., and Vine, S. J. (2020). A framework for the testing and validation of simulated environments in experimentation and training. *Frontiers in Psychology*, 11.
- Junior, M., Viana, W., Trinta, F. A. M., Nolêto, C., and Maia, L. F. (2015). Um aplicativo móvel para execução de jogos móveis locativos com realidade aumentada. In *Anais Estendidos do XXI Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web*, pages 27–30, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Kanschik, D., Bruno, R. R., Wolff, G., Kelm, M., and Jung, C. (2023). Virtual and augmented reality in intensive care medicine: a systematic review. *Ann. Intensive Care*, 13(81).
- Pinilla, A., Voigt-Antons, J.-N., Garcia, J., Raffe, W., and Möller, S. (2023). Real-time affect detection in virtual reality: a technique based on a three-dimensional model of affect and eeg signals. *Frontiers in Virtual Reality*, 3.
- Smith, D. (2021). *FLUX VR: The Development And Validation Of A Heuristic Checklist For Virtual Reality Game Design Supporting Immersion, Presence, And Flow*. PhD thesis, School of Wichita State University.