

DEXE: Um Modelo Declarativo para Representação e Execução de Conteúdos Especializados

Maria da Graça C. Pimentel¹,
Bianca Cavalcante da Silva², Pâmella Rosa de Oliveira Arnaldo²,
Michelle Darezzo Rodrigues Nunes², Fernanda Machado Silva-Rodrigues³

¹ICMC – Universidade de São Paulo (USP)

²Faculdade de Enfermagem – Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

³Escola de Enfermagem – Universidade de São Paulo (USP)

mgp@icmc.usp.br, bianca.cavalcante@gmail.com

oliveira_mell@hotmail.com, mid13@hotmail.com, fermachado@usp.br

ABSTRACT

Researchers and professionals frequently develop specialized content for use in digital applications. Although intended for different domains, such content combines recurring elements, such as messages, tables, choices, calculations, and classifications, while also incorporating executable behavior. This paper presents DEXE (*Declarative and EXecutable Content*), a declarative model for representing and executing specialized content, in which the semantics of the elements define their executable behavior. The proposed model is instantiated in Quimioped-LLA, a web application designed to support nursing care in pediatric chemotherapy for acute lymphoblastic leukemia. The paper describes the model, a reference implementation, and its instantiation in Quimioped-LLA, illustrating the representation of specialized content independently of the execution technology.

KEYWORDS

Declarative content, executable documents, content modeling, digital health, document engineering.

1 INTRODUÇÃO

Aplicações destinadas ao apoio de atividades profissionais e educacionais frequentemente incorporam conteúdos produzidos por especialistas do domínio. Esses conteúdos incluem orientações, protocolos, tabelas de referência, listas de verificação, instrumentos de avaliação e materiais de treinamento, originalmente organizados como documentos e posteriormente disponibilizados por meio de aplicações digitais [7, 19].

Esse tipo de material é característico dos *Electronic Performance Support Systems* (EPSS), concebidos para disponibilizar conhecimento contextualizado durante a execução de tarefas, reduzindo a necessidade de treinamento extensivo e apoiando o desempenho e a aprendizagem no ambiente de trabalho [8, 10]. Embora os EPSS enfatizem o fornecimento de suporte contextual, eles não definem um modelo declarativo

para representação e execução dos conteúdos especializados utilizados por essas aplicações.

No contexto da Engenharia de Documentos, também têm sido investigadas abordagens declarativas para modelagem de estruturas documentais por especialistas de domínio, visando favorecer a representação e a interoperabilidade de conteúdos especializados [9]. Entretanto, essas propostas concentram-se na modelagem estrutural dos documentos, não contemplando sua interpretação e execução.

Em diferentes domínios, plataformas computacionais também têm permitido que especialistas produzam conteúdos posteriormente interpretados por aplicações digitais [4, 15, 17].

Embora destinados a diferentes domínios, esses conteúdos apresentam estruturas semelhantes, combinando textos, tabelas, imagens, perguntas, cálculos e classificações, além de regras de decisão e fluxos de navegação. Essa recorrência sugere elementos comuns passíveis de representação por um modelo declarativo, permitindo sua interpretação determinística, rastreável e auditável, independentemente da tecnologia empregada.

Em contraste com abordagens baseadas em modelos de linguagem, cuja geração é probabilística, aplicações em domínios regulados frequentemente exigem comportamento determinístico, rastreável e auditável, preservando explicitamente as regras que determinam sua execução.

Este trabalho apresenta o DEXE (*Declarative and EXecutable Content*), um modelo declarativo para conteúdos especializados, no qual elementos tipados definem estrutura e comportamento. Diferentes implementações podem interpretar a mesma representação preservando sua semântica, independentemente da tecnologia empregada.

O DEXE foi instanciado na Quimioped-LLA para representar conteúdo especializado destinado à assistência de enfermagem em quimioterapia pediátrica para leucemia linfóide aguda [20].

As principais contribuições deste trabalho são: (i) um modelo declarativo para representação de conteúdos especializados; (ii) a definição da semântica de interpretação dos elementos que compõem esse modelo; (iii) uma implementação de referência baseada em um *player* interpretador; e (iv) um estudo de caso de sua instanciamento na representação de um guia clínico especializado.

In: Proceedings of the Brazilian Symposium on Multimedia and the Web (WebMedia'2026). Lavras/MG, Brazil. Porto Alegre: Brazilian Computer Society, 2026.

© 2026 SBC – Brazilian Computing Society.
ISSN 2966-2753

As seções seguintes situam o DEXE em relação a abordagens para documentos especializados, representação declarativa e execução de conteúdo (Seção 2), apresentam o modelo e sua implementação de referência (Seção 3), descrevem sua instanciação na Quimioped-LLA (Seção 4) e apresentam as considerações finais (Seção 5).

2 TRABALHOS RELACIONADOS

Documentos especializados apoiam atividades profissionais ao reunir procedimentos, tabelas, ilustrações e outros recursos para tarefas específicas [19]. Documentos procedimentais, em particular, orientam procedimentos complexos em domínios como saúde, engenharia e manutenção por meio de instruções estruturadas e listas de verificação [7].

Esses materiais motivaram o desenvolvimento dos *Electronic Performance Support Systems* (EPSS), voltados a disponibilizar conhecimento contextualizado durante a execução de tarefas [8, 10]. Embora permaneçam atuais, os EPSS têm como foco o apoio ao desempenho e à aprendizagem, não a representação declarativa e execução dos conteúdos.

Na Engenharia de Documentos, Gradl e Henrich propõem uma abordagem declarativa para representação de estruturas documentais por especialistas de domínio [9], enquanto Djukić e Tolvanen discutem *Domain-Specific Modeling* para aplicações baseadas em documentos [5]. Em sistemas multimídia, o WebNCL separa a representação declarativa da máquina de execução ao interpretar documentos NCL [12], e Lima et al. discutem estratégias de implementação de *players* para linguagens declarativas [11]. O DEXE apresenta separação semelhante entre representação e execução, mas tem como unidade de interpretação elementos de conteúdo especializado, cuja semântica pode envolver apresentação, interação, processamento e navegação.

Outras plataformas apoiam a autoria de conteúdos especializados. O EmoFrame organiza instrumentos de avaliação emocional [17], o Rufus apoia a autoria de jogos terapêuticos [15], e ePAGe e Cuidador-Pro são voltados a domínios específicos [2, 18]. Nessas abordagens, os modelos de conteúdo são vinculados às respectivas plataformas ou aplicações.

Mais recentemente, o MoDora utiliza representações estruturadas de documentos para apoiar recuperação de informação e sistemas de perguntas e respostas baseados em modelos de linguagem [21]. Seu foco está na recuperação e consulta de informações, enquanto o DEXE representa explicitamente o comportamento executável do conteúdo.

No domínio clínico, Arden Syntax, GLIF e PROforma representam conhecimento computacionalmente interpretável para apoio à decisão, diretrizes e processos clínicos [6, 13]. Diferentemente dessas abordagens, o DEXE não é específico do domínio clínico e representa conteúdos especializados por meio de elementos tipados com semântica de interpretação e navegação explícita.

Em síntese, os trabalhos existentes abordam aspectos complementares dos documentos especializados. O DEXE reúne, em um modelo declarativo de propósito geral, estrutura,

Tabela 1: Estrutura conceitual de um conteúdo DEXE.

Componente	Cardinal.	Descrição
Conteúdo	1	Agrupa um conjunto de elementos relacionados
Elemento	1..*	Unidade básica da representação, interpretada durante a execução
Tipo	1	Define a semântica de interpretação do elemento
Atributos	0..*	Parametrizam a interpretação conforme o tipo do elemento
Navegação	0..*	Define os possíveis elementos sucessores

Tabela 2: Tipos de elementos definidos pelo DEXE. Estado indica acesso de leitura (L) ou leitura e gravação (L/G) ao estado compartilhado.

Elemento	Categoria	Estado	Finalidade
message	Apresent.	–	Exibe texto e/ou mídia
bullet_list	Apresent.	–	Exibe listas estruturadas
table	Apresent.	–	Exibe dados tabulares
choice	Interação	L/G	Seleciona um fluxo de execução
score_choice	Interação	L/G	Registra uma pontuação
calc_*	Process.	L/G	Realiza cálculos especializados
compute_sum	Process.	L/G	Combina valores previamente armazenados
summary_score	Process.	L	Apresenta a interpretação de um resultado
end	Controle	–	Indica o término de um fluxo

semântica de interpretação e comportamento executável, integrando apresentação, interação, processamento e navegação de forma independente da implementação.

3 O MODELO DEXE

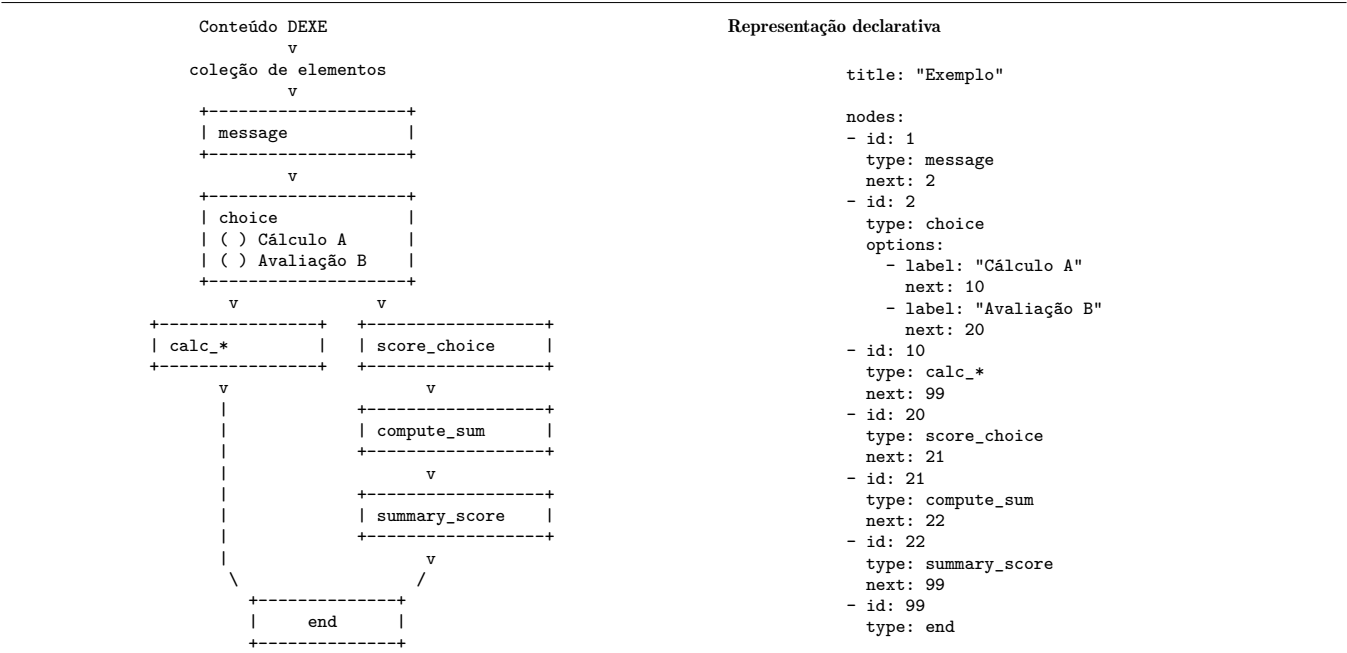
A concepção do DEXE parte da experiência anterior com o ESPIM, cujo modelo conceitual representa intervenções como documentos multimídia interativos [3, 4, 14, 16]. O ESPIM também tem sido caracterizado como infraestrutura para implementação de intervenções em saúde [1].

Na Quimioped-LLA, o conteúdo é representado por elementos tipados reutilizáveis, derivados da experiência com o ESPIM. O DEXE incorpora novos elementos para contemplar requisitos não previstos no modelo original, sem reproduzir integralmente o conjunto de elementos do ESPIM.

O modelo organiza o conteúdo em elementos interligados que apresentam informações, solicitam interações, realizam processamentos e controlam a navegação. Durante a execução, o interpretador percorre esses elementos, mantém o estado e aplica a semântica definida para cada tipo. A Figura 1 apresenta a organização conceitual de um conteúdo DEXE e uma possível representação declarativa.

Estrutura do conteúdo. Um conteúdo DEXE consiste em elementos identificados e conectados por relações de navegação. Cada elemento possui um tipo e atributos que parametrizam sua interpretação (Tabela 1).

Tipos de elementos. Os elementos atualmente definidos pelo modelo podem ser agrupados em quatro categorias: apresentação de conteúdo, interação com o usuário, processamento e controle (Tabela 2).



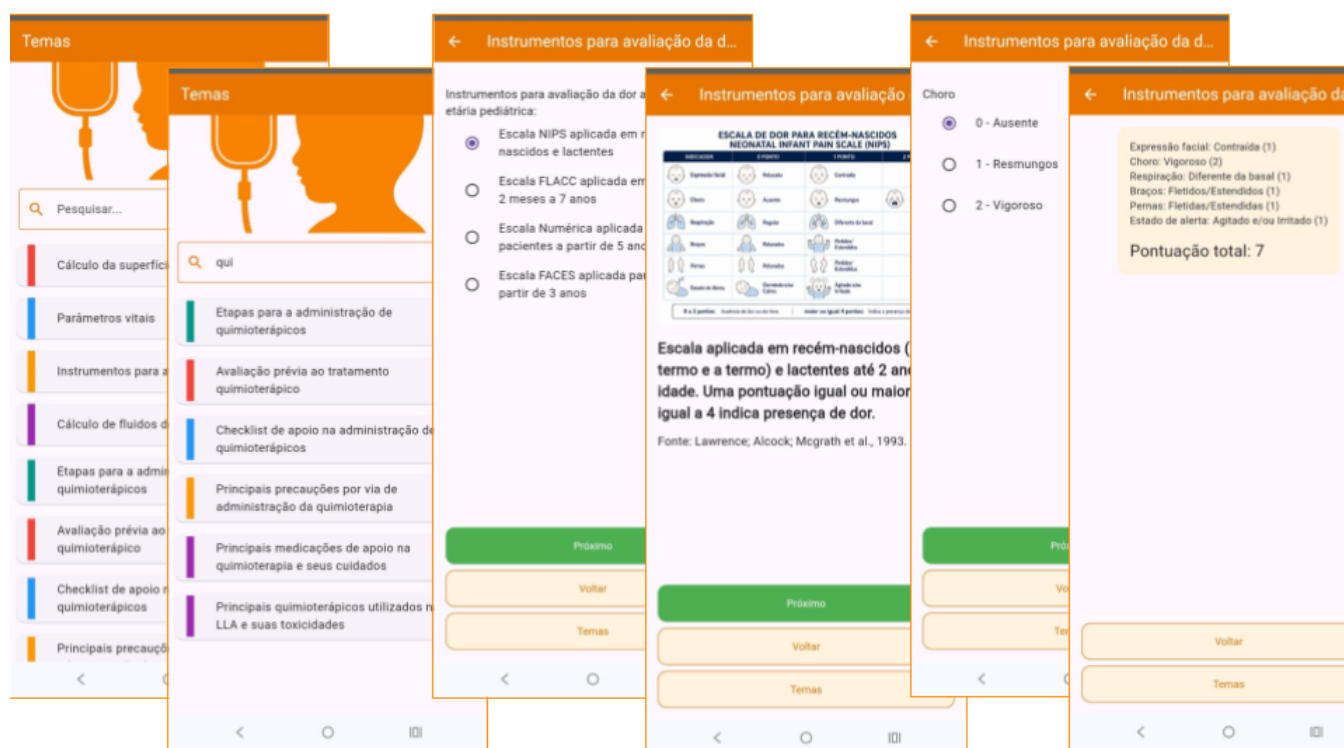


Figura 3: Exemplos da execução da Quimioped-LLA pelo DEXE Player, ilustrando navegação temática, busca, apresentação de conteúdo multimodal, interação por escolhas e geração de resultado.

quimioterapia pediátrica para leucemia linfóide aguda. O conteúdo foi desenvolvido por especialistas de enfermagem para consulta e treinamento, reunindo textos, imagens, tabelas clínicas, procedimentos e instrumentos de avaliação [20].

Na implementação atual, um *desenvolvedor* realiza a modelagem DEXE do conteúdo definido pelos *especialistas do domínio*. Informações descritivas são representadas por elementos de apresentação, procedimentos por elementos de interação, instrumentos de avaliação por combinações de elementos de coleta e processamento, e tabelas clínicas por elementos estruturados de informação. O *player* interpreta essa representação e disponibiliza o conteúdo ao usuário final, preservando a separação entre sua representação e a tecnologia utilizada para executá-la.

A Figura 3 apresenta um exemplo de execução da aplicação. A sequência parte do índice de temas, com busca textual, e da seleção de um instrumento para avaliação da dor. O usuário consulta informações de referência em texto e imagem, registra as observações correspondentes aos critérios da escala e obtém a pontuação calculada pelo *player*. As respostas são mantidas no estado compartilhado e utilizadas pelos elementos de processamento para calcular e interpretar o resultado. O exemplo combina elementos de apresentação, interação e processamento em um fluxo de navegação.

Nesse exemplo, alternativas, valores, cálculo e interpretação são definidos pela representação DEXE. O comportamento da

aplicação resulta da interpretação desse conteúdo pelo *player*, e não de regras específicas implementadas na interface.

Encontram-se em análise os resultados de uma avaliação da Quimioped-LLA por seu público-alvo, em estudo aprovado por Comitê de Ética em Pesquisa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou o DEXE (*Declarative and EXecutable Content*), um modelo declarativo para representação de conteúdos especializados baseado em elementos tipados e em sua semântica de interpretação. A proposta separa a representação do conteúdo de sua execução, permitindo diferentes implementações compatíveis do *player* preservando a semântica definida pelo modelo.

A instanciación do DEXE na Quimioped-LLA permitiu representar conteúdo especializado em enfermagem pediátrica, combinando elementos de apresentação, interação e processamento em diferentes fluxos de navegação. O DEXE, entretanto, foi concebido para ser independente do domínio de aplicação.

Entre as direções futuras destacam-se a ampliação dos elementos suportados, a avaliação do modelo com outros conteúdos e domínios, uma especificação baseada em esquema, uma linguagem específica de domínio (DSL) para autoria de conteúdos DEXE e implementações compatíveis do *player* para diferentes plataformas.

6 CUIDADOS ÉTICOS E DE LGPD

Como apresentado na Seção 3, este trabalho propõe o modelo DEXE para representação e execução de conteúdos especializados. A Seção 4 descreve sua instanciación na aplicação Quimioped-LLA. A pesquisa que fundamenta o modelo e o estudo de caso reportados neste artigo não envolveu participantes nem tratamento de dados pessoais, não havendo, portanto, tratamento de dados pessoais sujeito à LGPD. A avaliação da Quimioped-LLA mencionada na Seção 4 integra estudo aprovado por Comitê de Ética em Pesquisa e seus resultados não são reportados neste artigo.

7 AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece aos pesquisadores que contribuíram para a concepção e o desenvolvimento do ESPIM, cuja experiência constitui um dos antecedentes deste trabalho.

Ferramentas de Inteligência Artificial Generativa apoiaram a implementação da aplicação e a redação do manuscrito. Os autores são responsáveis pelas decisões técnicas e científicas.

REFERÊNCIAS

- [1] Reethee Antony, Kiana Tanghatar, Ladan Khoshbin, Sundeep Venkatesan, and Samiksha Gaur. 2026. The Concept of Implementation Science in Healthcare: A Review of Frameworks. *Journal of Surgery and Surgical Procedures* 4, 3 (2026), 1–7. doi:10.47485/3069-8154.1034
- [2] Marina S. Bernardes. 2020. *Cuidador-Pro: Desenvolvimento de Conteúdo Multimídia para Apoiar o Cuidado de Idosos com Demência*. Tese (Doutorado em Bioengenharia). Universidade de São Paulo. doi:10.11606/T.82.2020.tde-28062021-151322
- [3] Bruna C.R. Cunha, Kamila R.H. Rodrigues, Leonardo F. Scalco, Isabela Zaine, Caio C. Viel, and Maria G. C. Pimentel. 2018. Authoring of interventions with on-demand generation of screens for mobile devices. In *Anais Estendidos do XXIV Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web*. SBC, Porto Alegre, RS, Brasil, 145–149. doi:10.5753/webmedia.2018.4588
- [4] Bruna C. R. Cunha, Kamila R. H. Rodrigues, Isabela Zaine, Elias A. N. Nogueira da Silva, Caio C. Viel, and Maria G. C. Campos Pimentel. 2021. Experience Sampling and Programmed Intervention Method and System for Planning, Authoring, and Deploying Mobile Health Interventions: Design and Case Reports. *Journal of medical Internet research* 23, 7 (2021), e24278. doi:10.2196/24278
- [5] Verislav Djukić and Juha-Pekka Tolvanen. 2021. Domain-specific modeling in document engineering. In *Proceedings of the 21st ACM Symposium on Document Engineering (Limerick, Ireland) (DocEng '21)*. Article 1, 2 pages. doi:10.1145/3469096.3470949
- [6] John Fox, Nicky Johns, and Ali Rahmzadeh. 1998. Disseminating medical knowledge: the PROforma approach. *Artificial Intelligence in Medicine* 14, 1 (1998), 157–182. doi:10.1016/S0933-3657(98)00021-9 Selected Papers from AIME '97.
- [7] Franck Ganier. 2014. Processing Procedural Documents. In *The Routledge Handbook of Writing and Text Production*, Lars S. Evensen and Eva-Maria Jakobs (Eds.). Routledge, 315–334.
- [8] Gloria Gery. 1995. Attributes and Behaviors of Performance-Centered Systems. *Performance Improvement Quarterly* 8, 1 (1995), 47–93. doi:10.1111/j.1937-8327.1995.tb00661.x
- [9] Tobias Gradl and Andreas Henrich. 2016. Extending Data Models by Declaratively Specifying Contextual Knowledge. In *Proceedings of the 2016 ACM Symposium on Document Engineering (Vienna, Austria) (DocEng '16)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 123–126. doi:10.1145/2960811.2967147
- [10] Tamara Vanessa Leiß, Andreas Rausch, and Jürgen Seifried. 2022. Problem-Solving and Tool Use in Office Work: The Potential of Electronic Performance Support Systems to Promote Employee Performance and Learning. *Frontiers in Psychology* Volume 13 - 2022 (2022). doi:10.3389/fpsyg.2022.869428
- [11] Guilherme Augusto Ferreira Lima, Luiz Fernando Gomes Soares, Roberto Gerson De Albuquerque Azevedo, and Márcio Ferreira Moreno. 2013. Reducing the complexity of NCL player implementations. In *Proceedings of the 19th Brazilian Symposium on Multimedia and the Web*. SBC, Porto Alegre, RS, Brasil, 297–304. https://sol.sbc.org.br/index.php/webmedia/article/view/5510
- [12] Erick L Melo, Caio C. Viel, Cesar A. C. Teixeira, Alexandre Coelho Rondon, Daniel P. Silva, Danilo G. Rodrigues, and Endril C. Silva. 2012. WebNCL: a web-based presentation machine for multimedia documents. In *Proceedings of the 18th Brazilian Symposium on Multimedia and the Web (WebMedia '12)*. ACM, 403–410. doi:10.1145/2382636.2382719
- [13] Mor Peleg, Aziz A Boxwala, Elmer Bernstam, Samson Tu, Robert A Greenes, and Edward H Shortliffe. 2001. Sharable Representation of Clinical Guidelines in GLIF: Relationship to the Arden Syntax. *Journal of Biomedical Informatics* 34, 3 (2001), 170–181. doi:10.1006/jbin.2001.1016
- [14] Kamila R.H. Rodrigues, Bruna C.R. Cunha, Isabela Zaine, Caio C. Viel, Leonardo F. Scalco, and Maria G.C. Pimentel. 2018. ES-PIM System: Interface Evolution to Enable Authoring and Interaction with Multimedia Intervention Programs. In *Proceedings of the 24th Brazilian Symposium on Multimedia and the Web (Salvador)*. SBC, Porto Alegre, RS, Brasil, 125–132. https://sol.sbc.org.br/index.php/webmedia/article/view/4565
- [15] Kamila R. H. Rodrigues, Vania P. A. Neris, Paula Maia Souza, Rodrigo G. Zavarizz, Jonattan W. Silva, Tiago N. Silva, and Aline E. C. Verhalen. 2021. Rufus – Uma Plataforma de Autoria para Jogos Digitais Terapêuticos. In *Proceedings of the X Latin American Conference on Human Computer Interaction (CLIHIC '21)*. ACM, Article 15, 5 pages. doi:10.1145/3488392.3488407
- [16] Kamila R. H. Rodrigues, Caio César Viel, Isabela Zaine, Bruna C. R. Cunha, Leonardo F. Scalco, and Maria G. C. Pimentel. 2017. Data Collection and Intervention Personalized as Interactive Multimedia Documents. In *Proceedings of the 23rd Brazilian Symposium on Multimedia and the Web (Gramado)*. SBC, Porto Alegre, RS, Brasil, 57–60. https://sol.sbc.org.br/index.php/webmedia/article/view/5258
- [17] Suzane S. Santos, Erick M. Campos, and Kamila R. H. Rodrigues. 2022. EmoFrame: Prototype of a Framework to Assess Users' Emotional Responses. In *HCI International 2022 – Late Breaking Papers: Design, User Experience and Interaction*. LNCS, Vol. 13521. Springer, 282–301. doi:10.1007/978-3-031-17615-9_20
- [18] Suzane S. Santos, Rafael M. Paixão, Brunela D. M. Orlandi, Marcelle A. P. Mota, and Kamila R. H. Rodrigues. 2023. ePAGe: Sistematização do Plano de Atenção Gerontológica (PAGe). In *Anais do XIV Computer on the Beach*. UNIVALI, 179–186. doi:10.14210/cotb.v14.p179-186
- [19] Karen A. Schriver. 1997. *Dynamics in Document Design: Creating Texts for Readers*. John Wiley & Sons.
- [20] Fernanda Machado Silva-Rodrigues, Pâmella Rosa de Oliveira Arnaldo, Bianca Cavalcante da Silva, Maria da Graça Campos Pimentel, Patrícia Luciana Moreira Dias, and Michelle Darezzo Rodrigues Nunes. 2026. Quimioped-LLA: aplicativo móvel para apoiar enfermeiros na administração segura de quimioterapia pediátrica. In *XIX Colóquio Pan-Americano de Pesquisa em Enfermagem*. Resumo expandido aceito para publicação.
- [21] Bangrui Xu, Qihang Yao, Zirui Tang, Xuanhe Zhou, Yeye He, Shihan Yu, Qianqian Xu, Bin Wang, Guoliang Li, Conghui He, and Fan Wu. 2026. MoDora: Tree-Based Semi-Structured Document Analysis System. *Proc. ACM Manag. Data* 4, 3, Article 212 (May 2026), 26 pages. doi:10.1145/3802089