

Ferramentas de Autoria para Aplicações na TV Digital Voltadas a Produtores de Conteúdo

Uma Revisão Sistemática de Literatura

Li-Chang Shuen Sousa
DCCMAPI, UFMA
São Luís, MA, Brasil
li.chang@ufma.br

Marcelo Ferreira Moreno
DCC, UFJF
Juiz de Fora, MG, Brasil
marcelo.moreno@ufjf.br

Carlos de Salles Soares Neto
Lab TeleMídia@MA, DCCMAPI,
UFMA
São Luís, MA, Brasil
carlos.salles@ufma.br

ABSTRACT

This systematic literature review aims to identify the main functional and non-functional requirements for the development of authoring tools for interactive digital TV content, targeting non-programmer content producers, in the context of the transition from channel-oriented TV to the application-oriented platform of TV 3.0. Based on a search across seven academic databases, 1,642 studies published between 2007 and 2025 were retrieved. After screening and applying inclusion criteria, 106 studies were selected, and 21 met the quality threshold for final review. Findings indicate that most proposed tools are designed for programmers or users familiar with programming languages such as NCL/NCLua, with only one solution explicitly targeting non-programmer content producers. Common functional requirements include visual editing interfaces, reusable templates, multimodal interaction configuration, application preview, automatic validation, and export to NCL/NCLua compatible with the Ginga middleware. Non-functional requirements emphasize usability for non-programmers, adherence to SBTVD standards, modularity, and cross-platform portability. However, significant gaps remain, particularly the lack of tools integrated into early editorial workflows and the limited support for collaborative authorship and content management systems.

KEYWORDS

Digital TV, TV 3.0, authoring tools, interactivity, content producers

1 INTRODUÇÃO

Desde a primeira geração do Sistema Brasileiro de TV Digital Terrestre (SBTVD), chamada de TV 2.0 [1], tornou-se tecnicamente viável a transmissão de aplicações interativas juntamente com o conteúdo audiovisual. Essa geração introduziu a possibilidade de interatividade por parte do telespectador, permitindo-lhe decisões de navegação que personalizam a experiência de consumo. No entanto, apesar do potencial tecnológico, os aplicativos interativos não se popularizaram no mercado televisivo, em razão de múltiplos fatores.

Quase duas décadas depois, em 2025, a próxima geração da TV digital brasileira, chamada de DTV+ ou TV 3.0, inaugura uma ruptura

paradigmática no modelo de distribuição e consumo de conteúdo. Em substituição à lógica tradicional de canais lineares, adota-se o paradigma de Plataforma Orientada a Aplicativos (AoP, da sigla em inglês). A nova especificação do SBTVD estabelece como requisito obrigatório que o acesso inicial ao conteúdo das emissoras ocorra por meio de aplicativos [21].

Tanto a academia quanto a indústria têm se dedicado ao desenvolvimento de ferramentas de autoria para a produção de aplicações interativas voltadas a esse novo modelo de televisão, cuja inovação ultrapassa a melhoria da qualidade de áudio e vídeo. A introdução de aparelhos conectados à internet expandiu as possibilidades de entrega de experiências interativas, como o T-commerce, o T-learning e a oferta de serviços digitais governamentais. Entretanto, a principal limitação à produção e à veiculação desses conteúdos está na própria etapa de autoria, uma vez que os softwares disponíveis geralmente requerem dos autores o domínio de linguagens de programação especializadas. Produtores de conteúdo, termo que engloba os profissionais envolvidos nas etapas de criação, edição ou composição de materiais audiovisuais para a televisão digital, incluindo jornalistas, editores, designers gráficos, roteiristas e demais agentes da cadeia de produção que não tenham formação em desenvolvimento de software, não costumam figurar entre os destinatários dessas ferramentas.

A ausência de soluções acessíveis compromete a diversidade de experiências interativas disponíveis para o telespectador, ao concentrar a autoria nas mãos de profissionais com formação técnica especializada. No caso brasileiro, essa lacuna é particularmente preocupante diante da missão das emissoras públicas, educativas e comunitárias, que poderiam se beneficiar de ferramentas simplificadas para oferecer conteúdos interativos de interesse local. Ampliar a capacidade de criação nas pontas da cadeia produtiva é, portanto, condição necessária para a efetiva consolidação da TV Digital como meio participativo, acessível e adaptado às dinâmicas contemporâneas de consumo audiovisual.

Ao mesmo tempo, a evolução dos dispositivos receptores, com melhores conectividade e capacidade de processamento, impõe desafios de design e arquitetura às ferramentas de autoria. A interatividade não se limita mais à inserção de menus ou botões de navegação. Ela abrange, também, experiências multimodais, multiusuários e personalizadas, que exigem dessas ferramentas a possibilidade de criação de interfaces responsivas, interoperáveis e alinhadas aos novos padrões de entrega e navegação trazidos pela TV 3.0 [3], [21].

Neste sentido, o objetivo desta revisão sistemática de literatura é identificar os principais requisitos elencados para ferramentas de

In: Proceedings of the Brazilian Symposium on Multimedia and the Web (WebMedia'2025). Rio de Janeiro, Brazil. Porto Alegre: Brazilian Computer Society, 2025.
© 2025 SBC – Brazilian Computing Society.
ISSN 2966-2753

autoria de aplicações para TV Digital, destacando as soluções concebidas para usuários produtores de conteúdo. Além disso, busca-se compreender o que muda no processo de autoria ao se transitar da TV orientada a canais para a Plataforma Orientada a Aplicativos introduzida com a TV 3.0.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: além da introdução e das considerações finais, apresenta-se uma seção de contextualização do tema. Na sequência, detalha-se o protocolo metodológico adotado para a realização da revisão. Os resultados obtidos são discutidos na quarta seção.

2 A TRANSIÇÃO DA TV DIGITAL LINEAR PARA A PLATAFORMA ORIENTADA A APPLICATIVOS

A evolução do SBTVD para sua próxima geração representa uma ruptura com o modelo tradicional de distribuição e consumo de conteúdo televisivo. Os fundamentos operacionais e conceituais são reconfigurados: o paradigma centrado em canais, com suas programações lineares e horários fixos de exibição, é substituído por outro, orientado a aplicativos. Neste, a navegação e o consumo de mídia passam a ser mediados por interfaces interativas e personalizáveis, com a possibilidade de flexibilização da grade [20].

Essa mudança altera os fluxos de produção e exige novas estratégias de autoria para o audiovisual, mais próximas das práticas de desenvolvimento de software do que da edição tradicional de vídeo e montagem de uma grade de programação com *fades* a serem preenchidos ao longo do dia. Para o caso da TV aberta, o aparelho televisor passa a ser uma plataforma, na qual o conteúdo pode ser acessado por demanda ou por recomendação, sincronizando vários objetos de mídia em uma única aplicação [21].

A norma ABNT NBR 25600¹ estabelece que, no DTV+, o aplicativo torna-se a unidade básica de organização da experiência do telespectador. As emissoras passarão a oferecer conteúdos por meio de aplicações distribuídas pelo ar e/ou pela internet. O aplicativo inicial, denominado Bootstrap Application e transmitido pelo ar, deverá ser instanciado automaticamente pelo aparelho receptor e ter uma estrutura padronizada, de forma a garantir equidade entre as emissoras e uma experiência fluida e coerente para o telespectador. Adicionalmente, cada emissora poderá desenvolver um Broadcaster Application, responsável por mediar o ecossistema interativo próprio de sua programação. Esta abordagem permite que cada aplicativo incorpore múltiplas funcionalidades, como navegação entre programas e acesso a conteúdos sob demanda, criando experiências não lineares, personalizadas e responsivas ao perfil do telespectador.

Do ponto de vista da infraestrutura técnica, a TV 3.0 traz inovações em relação às gerações anteriores também nas camadas física e de transporte. O novo padrão adota o sistema Advanced Television Systems Committee 3.0 (ATSC 3.0) como base para transmissão, substituindo o Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial (ISDB-Tb) utilizado desde a implantação da TV digital no Brasil em 2007. Essa mudança viabiliza a entrega do conteúdo tanto por radiodifusão tradicional (OTA - over the air) quanto por banda larga

(OTT - over the top), de forma integrada e complementar. A transmissão passa a ser baseada em IP, o que permite maior flexibilidade, transparência e integração com serviços conectados. Além disso, o padrão incorpora o codec MPEG-H Audio, para experiências sonoras imersivas com espacialização, múltiplas trilhas ou objetos de áudio e personalização do áudio conforme preferências e necessidades do telespectador. A TV digital de próxima geração adota, ainda, os codecs VVC (Versatile Video Coding) e LCEVC (Low Complexity Enhancement Video Coding) para compressão de vídeo [14].

Toda essa infraestrutura redefine as possibilidades de entrega e consumo de conteúdo na televisão aberta e introduz novos desafios à produção audiovisual, que precisa estar alinhada com a lógica de aplicações. O processo de produção exigirá novas competências e ferramentas capazes de integrar roteiro, interface, lógica de navegação/interatividade e estratégias de personalização.

3 PROTOCOLO DA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Esta revisão segue as diretrizes metodológicas do PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) [24]. O escopo temporal da revisão, de 2007 a 2025, compreende as três etapas de desenvolvimento do SBTVD: implantação da TV Digital no Brasil em 2007 (TV 2.0); normatização e posterior adoção do DTV Play em 2018 (TV 2.5); normatização da TV 3.0 em 2025. O marco para a serialização é a publicação das normas técnicas para implantação do sistema [14]. Apesar do intervalo definido referenciar as fases de implantação da TV Digital no Brasil, a revisão de literatura abrange estudos produzidos internacionalmente, incluindo aqueles que tratam de outros sistemas de televisão digital além do SBTVD, uma vez que as experiências de desenvolvimento de ferramentas de autoria apresentam aplicabilidade transversal entre diferentes tecnologias de transmissão.

3.1 Questões de Pesquisa e Objetivo

A revisão é orientada pelas seguintes perguntas de pesquisa:

QP1. Quais os principais requisitos listados na literatura para ferramentas de autoria para aplicativos de TV digital?

QP2. O que muda na autoria de aplicações da TV Digital orientada a canais para a TV 3.0 (plataforma orientada a aplicativos)?

QP3. As ferramentas de autoria descritas na literatura foram concebidas para produtores de conteúdo não programadores?

O escopo foi delimitado a partir do modelo PICOC (Population, Intervention, Comparison, Outcome, Context) [4]. Neste estudo, a população compreende trabalhos sobre ferramentas de autoria voltadas à TV Digital; a intervenção refere-se à proposição, implementação ou avaliação dessas ferramentas; a comparação contempla análises entre diferentes abordagens; os desfechos de interesse incluem a identificação de funcionalidades, benefícios e limitações; e o contexto analisado envolve ambientes de produção televisiva operados por usuários não programadores.

Os objetivos da revisão, conforme já indicado, são identificar os principais requisitos para o desenvolvimento de ferramentas de autoria para aplicações na TV Digital, mapear ferramentas desenvolvidas para usuários produtores de conteúdo não programadores

¹A norma ABNT NBR 25600 ainda não foi publicada pela Comissão de Estudo Especial em TV Digital da ABNT (ABNT/CEE-85.). Está prevista uma consulta pública da minuta produzida pelo Fórum SBTVD ainda em 2025

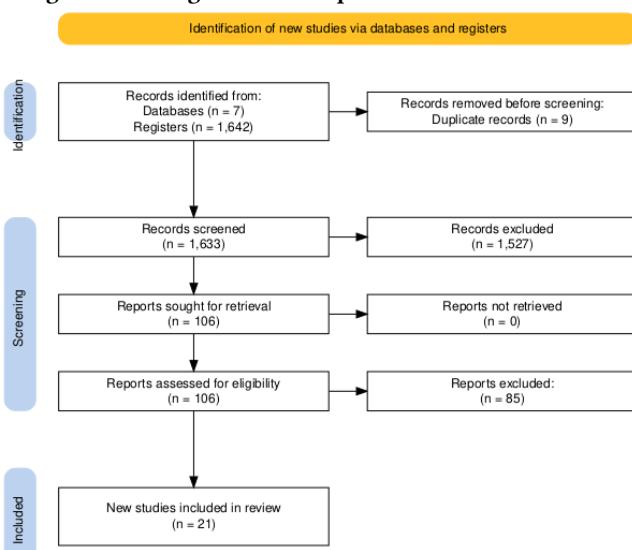
e compreender as mudanças nos requisitos dessas ferramentas na evolução para a próxima geração do SBTVD.

3.2 Estratégia de Busca

A busca foi realizada nas seguintes bases de dados, com acesso a partir do Portal de Periódicos da CAPES: IEEE Xplore, ACM Digital Library, Springer Link, Scopus, ScienceDirect, SciELO e Biblioteca Digital da Sociedade Brasileira de Computação (SBC OpenLib). O levantamento bibliográfico contemplou apenas artigos completos publicados em periódicos científicos e anais de conferências com revisão por pares. A string de busca utilizada foi: “Digital TV” AND “Authoring” OR “Interactive” OR “TV Production” OR “Television Production” OR “Content Development”. Para a base Springer Link, a string foi reduzida para “Digital TV” AND “Authoring” OR “Interactive”, a fim de contornar limitações de funcionalidades da plataforma. As buscas foram conduzidas em março de 2025.

A Figura 1 apresenta o fluxograma com as etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos, conforme o modelo PRISMA 2020 [24].

Figura 1: Fluxograma das etapas da revisão sistemática



Fonte: elaboração dos autores conforme diretrizes PRISMA 2020

A Tabela 1 detalha a quantidade de registros identificados, selecionados e incluídos para revisão final em cada base de dados:

A triagem e a extração dos dados foram realizadas com o auxílio da plataforma Parsifal², onde foram registrados o planejamento, a organização do corpus, a aplicação sistemática dos critérios definidos e o compartilhamento das etapas de revisão entre os autores. Os critérios de elegibilidade utilizados na revisão estão descritos a seguir.

3.3 Identificação e critérios de elegibilidade

A etapa de identificação resultou na coleta de 1.642 registros nas sete bases de dados citadas. Após a remoção de 9 duplicatas, foram

²<https://parsif.al>

Tabela 1: Dados da busca nas bases acadêmicas

Fonte	Artigos importados	Artigos selecionados	Aceitos para revisão final
ACM Digital Library	40	18	3
IEEE Digital Library	493	23	2
SBC OpenLib	125	38	9
SciELO	42	3	1
ScienceDirect	325	1	–
Scopus	133	21	5
Springer Link	484	2	1
Total	1642	106	21

Fonte: elaboração dos autores a partir dos dados catalogados no Parsifal.

lidos 1.633 títulos e resumos durante a triagem inicial. Os seguintes critérios de inclusão foram aplicados: estudos que tratam de aplicações para TV Digital; estudos relacionados ao gerenciamento de conteúdo televisivo; estudos que descrevam ou proponham ferramentas de autoria para TV Digital; estudos sobre ferramentas multimídia de autoria adequadas à TV Digital; estudos que abordem o desenvolvimento em NCL/NCLua.

Os critérios de exclusão adotados foram: publicações que não passaram por revisão por pares; estudos publicados em idiomas diferentes do português ou do inglês; estudos centrados exclusivamente em hardware; estudos focados em codificação de vídeo (compressão, codecs, etc.); estudos que tratam das camadas física e/ou de transporte, sem interface com a camada de codificação de aplicações.

3.4 Triagem e inclusão

Todos os 106 estudos selecionados após a etapa de triagem foram lidos na íntegra e submetidos a um processo de avaliação estruturada, com base no formulário de extração composto por nove questões: **Q1:** O estudo apresenta de forma clara os objetivos da pesquisa? *Objetivo: avaliar a clareza da formulação do problema.*

Q2: O estudo descreve adequadamente a metodologia utilizada? *Objetivo: verificar a robustez metodológica e a reproduzibilidade dos procedimentos adotados.*

Q3: O estudo possui relação direta com o desenvolvimento de aplicações para TV Digital? *Objetivo: identificar a pertinência temática do estudo em relação ao escopo da revisão.*

Q4: O estudo aborda o design ou o uso de ferramentas de autoria para TV interativa? *Objetivo: identificar contribuições de usabilidade.*

Q5: O estudo descreve resultados empíricos ou avaliação de protótipos de ferramentas de autoria (por exemplo, testes com usuários)? *Objetivo: verificar se a proposta desenvolve apenas um modelo teórico ou se implementa e avalia um protótipo.*

Q6: O estudo cita, utiliza ou é compatível com o Ginga (com menção ao NCL, NCLua), adotado no Sistema Brasileiro de TV Digital? *Objetivo: avaliar a compatibilidade técnica com o ecossistema brasileiro de TV Digital.*

Q7: O estudo apresenta recomendações práticas ou implicações de design para ferramentas de autoria?

Objetivo: identificar ideias aplicáveis à prática de desenvolvimento.

Q8: A ferramenta tem como público-alvo os usuários finais envolvidos nos fluxos de produção de conteúdo televisivo (usuários produtores de conteúdo)?

Objetivo: verificar se a ferramenta é voltada a profissionais da cadeia de produção de conteúdo (jornalistas, editores), e não apenas a desenvolvedores.

Q9: O estudo define explicitamente ou lista requisitos para o desenvolvimento de ferramentas de autoria?

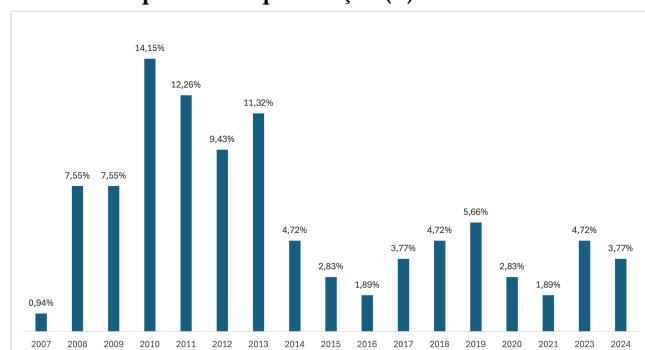
Objetivo: extrair requisitos para consolidar critérios de projeto.

Atribuiu-se 1 ponto para cada resposta “sim”, 0,5 para cada resposta “parcialmente” e 0 para cada resposta “não”. Foram incluídos na revisão final apenas os estudos que obtiveram score igual ou superior a 7. Esses 21 estudos foram, então, classificados conforme o usuário final a que se destinam:

- Usuários produtores de conteúdo ($n = 1$);
- Usuários com conhecimento de linguagens de programação, podem ser adaptados a produtores de conteúdo ($n = 6$);
- Usuários programadores ($n = 14$).

A Figura 2 traz o gráfico com a distribuição dos artigos submetidos à leitura guiada pelo formulário de extração por ano de publicação.

Figura 2: Distribuição dos artigos submetidos à avaliação estruturada por ano de publicação (%)



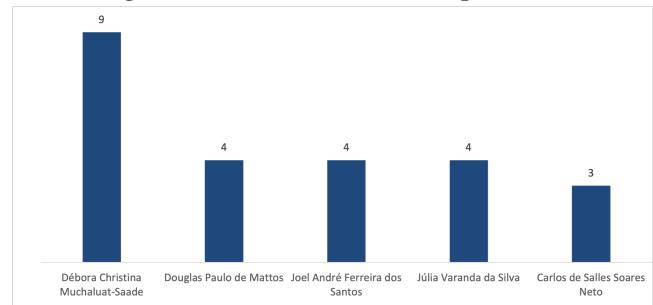
Fonte: elaboração dos autores a partir dos dados catalogados no Parsifal

A Tabela 2 lista os estudos incluídos na revisão final.

Dos estudos relacionados, 10 foram apresentados/publicados em anais de edições do Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web (WebMedia), o que indica a relevância e a popularidade desse fórum como espaço de disseminação de pesquisas voltadas ao desenvolvimento de ferramentas de autoria para a TV Digital e a existência de uma comunidade científica que atua no avanço das tecnologias associadas à autoria de conteúdos interativos para o SBTVD.

A Figura 3 destaca os autores com maior frequência entre os 21 estudos incluídos na revisão, evidenciando núcleos produtivos e recorrência temática no campo.

Figura 3: Número de ocorrências por autor



Fonte: elaboração dos autores com base nos dados da Tabela 2.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta os principais resultados da revisão, organizados em três eixos: os requisitos funcionais e não funcionais identificados na literatura (QP1); as transformações no processo de autoria associadas à mudança de paradigma da TV Digital (QP2); e perfil do usuário a que as ferramentas propostas se destinam (QP3). Ao final, traz-se um resumo do trabalho que descreve proposta de ferramenta voltada para usuários produtores de conteúdo não programadores e diretrizes para desenvolvimento de ferramentas voltadas especificamente para usuários produtores de conteúdo não programadores, de forma a contemplar as especificidades das tarefas de produção televisiva.

4.1 Discussão sobre QP1: identificação de requisitos

A análise qualitativa permitiu identificar um conjunto de requisitos funcionais e não funcionais para o desenvolvimento de ferramentas de autoria voltadas à TV Digital. Esses requisitos foram extraídos a partir da descrição das funcionalidades implementadas nas propostas incluídas na revisão final, bem como de recomendações explícitas e lacunas apontadas pelos próprios autores. Por representarem tendências recorrentes, optou-se por não referenciar individualmente cada artigo para evitar redundâncias, considerando que todos os estudos incluídos na Tabela 2 foram utilizados como base para esta sistematização.

Os requisitos funcionais foram, então, organizados em três categorias: edição e configuração de aplicações, validação e visualização, e exportação em NCL/NCLua e compatibilidade com middleware Ginga:

a) Edição e configuração de aplicações

- **Supporte à autoria visual (editor gráfico):** criação de aplicações interativas por meio de interface gráfica, sem edição direta do código-fonte.
- **Supporte a templates reutilizáveis:** modelos predefinidos e personalizáveis que podem ser reutilizados.
- **Supporte à configuração de interações multimodais:** presente em ferramentas mais recentes voltadas à TV 3.0, que permite associar gestos e comandos de voz a elementos da aplicação.

b) Validação e visualização

Tabela 2: Artigos incluídos na revisão final

Título do artigo	Autores	Ano	Base
ITV project: An authoring tool for MHP and Ginga-J based on a Web Environment	Oliveira et al. [23]	2008	Scopus
Composer: Authoring Tool for iTV Programs	Guimarães et al. [16]	2008	Springer Link
Collaborative Edition Support of Interactive Digital TV Programs	Merlo et al. [18]	2009	Scopus
Development of Context-Aware Digital TV Applications using Contextual Ginga Authoring Tool	Carvalho et al. [5]	2010	SOL
FrameIDTV: A framework for developing interactive applications on digital television environments	Pequeno et al. [25]	2010	Scopus
Textual authoring of interactive digital TV applications	Azevedo et al. [2]	2011	ACM DL
Editor Gráfico de Conectores Hipermídia para Linguagem NCL 3.0	Silva et al. [7]	2011	SOL
A Model-driven Approach for Integration of Interactive Applications and Web Services: A Case Study in Interactive Digital TV Platform	Kulesza et al. [15]	2012	IEEE DL
Towards interactivity for citizenship: An approach to interactive digital television	dos Santos Junior et al. [13]	2012	IEEE DL
Wizard para Autoria Gráfica de Documentos NCL com Templates	Mattos et al. [9]	2012	SOL
aNa: API for NCL Authoring	dos Santos et al. [12]	2012	SOL
NEXT: graphical editor for authoring NCL documents supporting composite templates	Mattos et al. [17]	2012	ACM DL
EDITEC - A graphical editor for hypermedia composite templates	Damasceno et al. [8]	2014	Scopus
MoonDo-eclipse: An integrated development environment for Ginga-NCL applications	Prota et al. [26]	2014	Scopus
Lua2NCL - Framework for Textual Authoring of NCL Applications using Lua	Moraes et al. [11]	2016	SOL
STEVE: a Hypermedia Authoring Tool based on the Simple Interactive Multimedia Model	Mattos et al. [10]	2018	ACM DL
Usable and interactive application generator for Digital TV	Miranda & Casas [19]	2019	Scielo
NuGinga Playcode: A web NCL/NCLua authoring tool for Ginga-NCL digital TV applications	Nogueira et al. [22]	2020	SOL
Autoria de Aplicações Multissensoriais para TV 3.0 com a Ferramenta STEVE	Vieira et al. [28]	2023	SOL
Ferramenta de Validação NCL: Aprimorando o processo de desenvolvimento de aplicações de TV Digital	Costa et al. [6]	2024	SOL
Uma Ferramenta de Autoria para Interação Multimodal em Aplicações NCL 4.0	Valentim & Muchaluat-Saade. [27]	2024	SOL

Fonte: elaboração dos autores

- **Validação automática de sintaxe e semântica:** verificação da conformidade do código gerado, prevenindo erros de execução.
 - **Pré-visualização da aplicação:** simulação da execução antes da exportação. Essa funcionalidade é importante para que autores não programadores possam testar interações sem necessidade de ambiente de execução completo.
 - c) **Exportação e compatibilidade com o Ginga**
 - **Geração automática de código NCL/NCLua e exportação em formato compatível com o Ginga:** permite que a aplicação gerada seja implantada diretamente em receptores com suporte ao middleware brasileiro.
- Os requisitos não funcionais mais recorrentes, por sua vez, são listados e descritos a seguir:
- a) **Compatibilidade com padrões do SBTVD:** necessidade de aderência às normas técnicas vigentes nos países que adotam o padrão brasileiro.
 - b) **Usabilidade para não programadores:** a ferramenta deve ser intuitiva para profissionais sem formação em desenvolvimento de software e com baixo ou nenhum letramento em linguagens de programação.
 - c) **Modularidade e extensibilidade:** permitir a adição de novos componentes, templates ou conectores sem reescrever a arquitetura base.
 - d) **Portabilidade entre ambientes (desktop, web, IDEs):** as ferramentas devem ser executadas em diferentes plataformas e contextos de uso.

Os requisitos identificados apontam a consolidação de um modelo de autoria centrado em interfaces visuais e uso de templates, de forma a reduzir a dependência de habilidades em programação, mesmo entre desenvolvedores.

4.2 Discussão sobre QP2: ferramentas de autoria na transição para a TV 3.0

Três dos estudos analisados apresentam propostas aderentes ao novo ecossistema do SBTVD. O primeiro trabalho [28] descreve uma extensão de ferramenta já existente para a autoria de aplicações multissensoriais, incorporando sincronização com dispositivos externos como ventiladores e difusores de aroma, além de suportar elementos alinhados ao modelo de interatividade imersiva da TV 3.0.

A proposta adota um modelo de sincronização baseado em eventos, permitindo o estabelecimento de relações temporais entre mídias tradicionais e efeitos sensoriais. Sua interface gráfica é estruturada a partir da metáfora de linha do tempo, viabilizando a autoria por meio da manipulação direta de objetos audiovisuais e parâmetros de efeitos multissensoriais. De acordo com os autores, a abordagem favorece a criação de aplicações complexas sem a necessidade de programação textual.

A ferramenta também incorpora o componente STEVEML, que utiliza uma API externa de reconhecimento de vídeo para sugerir automaticamente a inserção de efeitos sensoriais. As aplicações desenvolvidas podem ser exportadas automaticamente em NCL 4.0, linguagem adotada para a camada de aplicações da TV 3.0.

O segundo estudo [6] propõe uma ferramenta de validação para documentos NCL, implementada como extensão do Visual Studio Code, com funcionalidades de validação automática e apoio à produção de conteúdo interativo compatível com o DTV Play.

O objetivo da proposta é possibilitar a verificação em tempo real de atributos, referências, composicionalidade, aninhamento e reuso de elementos em documentos NCL, sinalizando erros diretamente no código-fonte de forma a oferecer diagnósticos textuais e visuais ao desenvolvedor. Dessa forma, a ferramenta contempla a validação de atributos e referências, além da verificação de estruturas compostas e de possíveis loops de reuso. Além de exigir familiaridade com a linguagem NCL e com ambientes de desenvolvimento, a proposta restringe-se à análise textual e ao suporte técnico ao desenvolvedor.

O terceiro trabalho [27] apresenta uma ferramenta de autoria gráfica para aplicações NCL 4.0 com interação multimodal, também desenvolvida como extensão do VS Code, que permite ao autor associar comandos de voz, gestos e eventos de sensores a conteúdos audiovisuais.

Ao utilizar o recurso de *Code Actions*, a ferramenta sugere a inclusão de novos papéis de interação diretamente no código e atualiza automaticamente a base de conectores, o que permite ao desenvolvedor criar aplicações personalizadas sem a necessidade de manipular manualmente os elementos estruturais da linguagem.

A ferramenta permite identificar elos passíveis de extensão, sugerir modalidades de interação adicionais, gerar os conectores necessários e reescrever os elos de forma coerente com a sintaxe da NCL 4.0. A redução do esforço de autoria também é tributária da modularidade e da compatibilidade com a gramática da linguagem. Ainda que voltada a desenvolvedores com conhecimentos prévios

da linguagem, a interface baseada em sugestões visuais busca tornar o processo de autoria mais intuitivo e menos propenso a erros estruturais, segundo os autores.

Os trabalhos indicam que novas preocupações e requisitos, como a incorporação de interações multimodais e suporte sensorial, começam a ser endereçados no desenvolvimento de ferramentas de autoria, em consonância com as demandas da TV 3.0.

4.3 Discussão sobre QP3: ferramenta para usuários produtores de conteúdo

Entre os estudos recuperados na revisão, apenas o trabalho de Miranda & Casas [19] propõe uma solução concebida explicitamente para o usuário produtor de conteúdo não programador. A proposta tem como objetivo viabilizar a criação de aplicativos interativos por meio de interfaces gráficas e componentes visuais parametrizáveis, sem a necessidade de escrita de código.

As autoras propõem um gerador de aplicações interativas, chamado SPL-iDTV, que combina engenharia de linhas de produto de software (SPL) com padrões de design centrados na interatividade para TV digital. O sistema permite a configuração de aplicações por meio de uma interface gráfica, na qual o usuário seleciona padrões e elementos interativos, sem a necessidade de conhecimento em programação. A partir dessas configurações, a ferramenta associa automaticamente os recursos de mídia (imagens, vídeos, textos) e gera o código correspondente em NCL. Esse processo automatizado permite a criação de múltiplas variações a partir dos mesmos recursos, funcionando também como um gerador de templates. Com isso, favorece-se a produção personalizável de aplicações interativas para diferentes programas televisivos.

A modelagem da ferramenta apoia-se em um catálogo de 27 padrões de interação documentados na literatura especializada, que foram formalizados pelas autoras com base em estudos prévios sobre arquitetura de aplicações interativas. Entre os padrões implementados, destacam-se:

- Menu principal com navegação em árvore;
- Painel de exibição com múltiplas trilhas de vídeo;
- Gatilhos temporais com sincronização de elementos gráficos;
- Apresentação sequencial com botão avançar/retroceder;
- Layout de galeria com realce de foco visual;
- Player com controle por cursor lateral e feedback auditivo.

Embora os requisitos não sejam apresentados de forma sistemática pelas autoras, eles podem ser depreendidos a partir da arquitetura proposta:

- Permitir a configuração visual de elementos interativos como menus, botões, textos e vídeos;
- Organizar os padrões em grupos funcionais acessíveis por menu;
- Possibilitar a associação de mídias aos elementos da aplicação;
- Gerar automaticamente código NCL válido;
- Validar as configurações com base em regras formais;
- Reutilizar configurações como templates;
- Executar as aplicações geradas em ambiente compatível com o Ginga.

Quanto aos requisitos não funcionais, a ferramenta se destaca por:

- Dispensar conhecimentos de programação por parte do autor;
- Adotar uma estrutura modular baseada em *features*;
- Promover variabilidade por meio de padrões alternativos e opcionais;
- Aplicar princípios de usabilidade centrada no telespectador;
- Reduzir o tempo e o custo de produção de conteúdos interativos;
- Manter extensibilidade para inclusão de novos padrões no modelo.

A validação da proposta foi realizada por meio da replicação de três protótipos de aplicações interativas previamente desenvolvidas de forma manual: um programa de entrevistas, um programa musical e um programa esportivo. As aplicações foram reconstruídas com o uso da SPL-iDTV e executadas em emulador Ginga, de maneira que ficassem demonstrados funcionalidade equivalente e código NCL executável. Segundo as autoras, a análise dos resultados permitiu verificar que a ferramenta é capaz de produzir aplicações diversas a partir de um conjunto fixo de padrões.

A principal limitação da proposta reside na fase do fluxo de produção televisiva a que se destina: a edição e finalização. A ferramenta opera exclusivamente sobre conteúdos previamente produzidos, estruturando sua apresentação interativa por meio da seleção de padrões e geração automática de código NCL. Não há, entretanto, qualquer integração prevista com as fases iniciais do processo editorial, como definição de pauta, apuração de reportagem, edição de texto ou roteirização jornalística. Também estão ausentes mecanismos de ingestão de conteúdo jornalístico bruto, de versionamento colaborativo ou de articulação com sistemas de gerenciamento de redação.

4.4 Diretrizes para o desenvolvimento de novas ferramentas de autoria voltadas para usuários produtores de conteúdo não programadores

A partir da análise das propostas identificadas nesta revisão, é possível observar que a maioria das ferramentas de autoria desenvolvidas até o momento concentra-se na edição final de conteúdos já produzidos, operando sobre materiais pré-existentes sem integrar-se plenamente aos fluxos editoriais da produção audiovisual. Além disso, são poucas as iniciativas voltadas a públicos sem conhecimento técnico em linguagens como NCL/NCLua, e incipientes os esforços de integração com novos paradigmas de interatividade, como a personalização por perfil, a autoria colaborativa e o uso de agentes de inteligência artificial.

Com base nas lacunas observadas, propõem-se a seguir um conjunto de características desejáveis para o desenvolvimento de ferramentas de autoria alinhadas às demandas contemporâneas da TV Digital, especialmente no contexto da transição para a TV 3.0, para usuários produtores de conteúdo não-programadores:

- **Integração com os fluxos editoriais:** ferramentas que incorporem etapas iniciais da cadeia produtiva, como roteirização, ingestão de conteúdo e anotação semântica, ampliam a utilidade para equipes de produção.
- **Supporte à autoria colaborativa e versionamento:** a incorporação de recursos de controle de versões, autoria simultânea e anotações compartilhadas pode favorecer o uso em redações jornalísticas e coletivos de produção.
- **Templates orientados a gêneros audiovisuais:** oferecer modelos específicos para formatos como reportagens, entrevistas, programas educativos e documentários pode reduzir a curva de aprendizado para produtores.
- **Assistência à autoria com base em IA generativa:** a aplicação de modelos de linguagem e recomendadores inteligentes pode auxiliar na composição de estruturas interativas, sugerir elementos visuais ou prever trajetórias de navegação.
- **Interfaces adaptativas e acessíveis:** a adoção de design responsivo, comandos por voz e recursos multimodais deve contemplar autores com diferentes perfis e habilidades, ampliando a inclusão sociotécnica.
- **Ambiente Web-based:** ferramentas que operem em navegadores podem se adequar a diferentes contextos de uso, inclusive em emissoras com infraestrutura limitada e que não possuem máquinas com grande poder computacional (caso especial de emissoras universitárias).

Essas diretrizes respondem a lacunas persistentes na literatura, apontando caminhos para que novas ferramentas de autoria ampliem o alcance e a diversidade da produção interativa na TV 3.0, com atenção especial a contextos de baixa infraestrutura e à inclusão de produtores sem formação técnica.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão evidenciou um conjunto de requisitos funcionais e não funcionais que devem orientar o desenvolvimento de novas soluções para autoria de conteúdo para TV Digital interativa. Observou-se a consolidação de um modelo de autoria centrado em interfaces visuais, uso de templates reutilizáveis e geração automática de código NCL/NCLua.

Embora a maioria dos estudos revisados se concentre na proposição de ferramentas destinadas a autores experientes ou com conhecimentos prévios de programação, identificou-se ao menos uma proposta dedicada explicitamente ao público de produtores de conteúdo não programadores. Tal proposta incorpora princípios de engenharia de linhas de produto e design centrado na interatividade, viabilizando a criação de aplicativos interativos a partir da configuração de padrões visuais. Ainda que restrita à fase de finalização no fluxo de produção televisiva, essa abordagem representa um avanço importante no sentido da ampliação do escopo de autoria interativa.

A revisão evidenciou, ainda, que a transição para a TV 3.0 traz novos desafios técnicos e metodológicos a essas ferramentas, exigindo suporte a interações multimodais, sincronização multissensorial, e conformidade com padrões que evoluem à medida que o SBTVD incorpora novas tecnologias. Os estudos mais recentes já apontam para uma mobilização da comunidade científica e técnica brasileira no sentido de atender a essas demandas.

6 ACKNOWLEDGMENTS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

REFERÊNCIAS

- [1] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 2023. ABNT NBR 15606: Sistema Brasileiro de Televisão Digital Terrestre (SBTVD) – Codificação de dados e especificações de transmissão. <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=414586>
- [2] Roberto Gerson Albuquerque Azevedo, Carlos de Sales Soares Neto, Mario Meireles Teixeira, Rodrigo Costa Mesquita Santos, and Thiago Alencar Gomes. 2011. Textual authoring of interactive digital TV applications. In *Proceedings of the 9th European Conference on Interactive TV and Video* (Lisbon, Portugal) (*EuroITV '11*). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 235–244. <https://doi.org/10.1145/2000119.2000169>
- [3] Fabio Barreto, Raphael Abreu, and Débora C. Muchaluat-Saade. 2023. TV 3.0: Interação Multiusuário para TV Digital Aberta com NCL 4.0. In *Anais Estendidos do Workshop Futuro da TV Digital Interativa (XXIX WebMedia 2023)* (WebMedia 2023). Sociedade Brasileira de Computação (SBC), Ribeirão Preto, SP, Brasil, 179–184. https://doi.org/10.5753/webmedia_estendido.2023.236162
- [4] Angela Carrera-Rivera, William Ochoa, Felix Larrinaga, and Ganix Lasa. 2022. How-to conduct a systematic literature review: A quick guide for computer science research. *MethodsX* 9 (2022), 101895. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2022.101895>
- [5] Ana Paula B. A. de Carvalho and Carlos A. G. Ferraz. 2010. Development of Context-Aware Digital TV Applications using Contextual Ginga Authoring Tool. In *Anais Estendidos do XVI Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web (WebMedia)* (Belo Horizonte). SBC, Porto Alegre, RS, Brasil, 145–147. https://sol.sbc.org.br/index.php/webmedia_estendido/article/view/5039
- [6] Iago Victor Costa, Li-Chang Shuen, Daniel Moraes, Joel Santos, Débora Muchaluat-Saade, and Carlos Soares Neto. 2024. Ferramenta de Validação NCL: Aprimorando o processo de desenvolvimento de aplicações de TV Digital. In *Anais Estendidos do XXX Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web* (Juiz de Fora/MG). SBC, Porto Alegre, RS, Brasil, 315–320. https://doi.org/10.5753/webmedia_estendido.2024.244568
- [7] Júlia Varanda da Silva and Débora Christina Muchaluat-Saade. 2011. Editor Gráfico de Conectores Hipermídia para Linguagem NCL 3.0. In *Proceedings of the 17th Brazilian Symposium on Multimedia and the Web* (Florianópolis). SBC, Porto Alegre, RS, Brasil, 15–18. <https://sol.sbc.org.br/index.php/webmedia/article/view/5586>
- [8] Jean Damasceno, Joel dos Santos, and Débora Muchaluat-Saade. 2011. EDITEC: hypermedia composite template graphical editor for interactive tv authoring. In *Proceedings of the 11th ACM Symposium on Document Engineering* (Mountain View, California, USA) (*DocEng '11*). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 77–80. <https://doi.org/10.1145/2034691.2034708>
- [9] Douglas Paulo de Mattos, Júlia Varanda da Silva, and Débora Christina Muchaluat-Saade. 2012. Wizard para Autoria Gráfica de Documentos NCL com Templates. In *Anais Estendidos do XVIII Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web* (São Paulo). SBC, Porto Alegre, RS, Brasil, 91–94. https://sol.sbc.org.br/index.php/webmedia_estendido/article/view/4981
- [10] Douglas Paulo de Mattos and Débora C. Muchaluat-Saade. 2018. STEVE: a Hypermedia Authoring Tool based on the Simple Interactive Multimedia Model. In *Proceedings of the ACM Symposium on Document Engineering 2018* (Halifax, NS, Canada) (*DocEng '18*). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 7, 10 pages. <https://doi.org/10.1145/3209280.3209521>
- [11] Daniel de Sousa Moraes, André Luiz Brandao de Damasceno, Antonio José G. Busson, and Carlos de Salles Soares Neto. 2016. Lua2NCL - Framework for Textual Authoring of NCL Applications using Lua. In *Proceedings of the 22nd Brazilian Symposium on Multimedia and the Web* (Teresina). SBC, Porto Alegre, RS, Brasil, 47–54. <https://sol.sbc.org.br/index.php/webmedia/article/view/5337>
- [12] Joel A. F. dos Santos, Julia V. da Silva, Renan R. Vasconcelos, Wagner Schau, Cláudia Werner, and Débora C. M. Saade. 2012. aNa: API for NCL Authoring. In *Anais Estendidos do XVII Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web* (São Paulo). SBC, Porto Alegre, RS, Brasil, 63–66. https://sol.sbc.org.br/index.php/webmedia_estendido/article/view/4975
- [13] João Benedito dos Santos Junior, Kim Pontes Braga, Danilo de Souza, Gustavo Vilela, Douglas Lima, and Willian Diogo. 2012. Towards interactivity for citizenship: An approach to interactive digital television. In *2012 IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC)*. 723–728. <https://doi.org/10.1109/CCNC.2012.6180999>
- [14] Fórum SBTVD 2020. TV 3.0 Project. Website. Disponível em https://forumsbtvd.org.br/tv3_0
- [15] Raoni Kulesza, Silvio R.L. Meira, Thales P. Ferreira, Eduardo S.M. Alexandre, Guido L.S. Filho, Manoel C. Marques Neto, and Celso A.S. Santos. 2012. A Model-driven Approach for Integration of Interactive Applications and Web Services: A Case Study in Interactive Digital TV Platform. In *2012 IEEE International Conference on Multimedia and Expo Workshops*. 266–271. <https://doi.org/10.1109/ICMEW.2012.52>
- [16] Rodrigo Laiola Guimarães, Romualdo Monteiro de Resende Costa, and Luiz Fernando Gomes Soares. 2008. Composer: Authoring Tool for iTV Programs. In *Changing Television Environments*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 61–71.
- [17] Douglas Paulo de Mattos, Júlia Varanda da Silva, and Débora Christina Muchaluat-Saade. 2013. NEXT: graphical editor for authoring NCL documents supporting composite templates. In *Proceedings of the 11th European Conference on Interactive TV and Video* (Como, Italy) (*EuroITV '13*). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 89–98. <https://doi.org/10.1145/2465958.2465964>
- [18] Lucas Augusto Scotta Merlo, Fernando Antonio Marques Filho, and Roberta Lima Gomes. 2009. Collaborative Edition Support of Interactive Digital TV Programs. In *2009 Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos*. 106–115. <https://doi.org/10.1109/SBSC.2009.23>
- [19] Mirtha Miranda and Sandra Casas. 2019. Usable and interactive application generator for Digital TV. *DYNA* 86 (12 2019), 174 – 183. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532019000400174&nrm=iso
- [20] M. Moreno, C. Pernisa Júnior, E. Barrere, S. Teixeira, C. Turnes Montezano, L.-C. Shuen Sousa, C. Soares Neto, Débora Christina Muchaluat-Saade, Ivanov Josué, M., J. dos Santos, S. Colcher, D. Moraes, D. Omaia, T. Araújo, and G. Lemos. 2023. R&D Progress on TV 3.0 Application Coding Layer. *SET INTERNATIONAL JOURNAL OF BROADCAST ENGINEERING* (2023), 9–21.
- [21] Marcelo F. Moreno, Débora Muchaluat-Saade, Guido Lemos, Sérgio Colcher, Carlos Soares Neto, Li-Chang Shuen C. S. Sousa, and Joel dos Santos. 2024. TV 3.0: Especificações da Camada de Codificação de Aplicações. In *Livro de Minicursos do XXX Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web (WebMedia 2024)*, Manoel C. Marques Neto, Alessandra Alaniz Macedo, and Eduardo Pagani Júlio (Eds.). Sociedade Brasileira de Computação, Juiz de Fora, Brasil. No prelo.
- [22] Dina Nogueira, Lois Nascimento, Michael Mello, and Rodrigo Braga. 2020. NuGinga Playcode: A web NCL/NCLua authoring tool for Ginga-NCL digital TV applications. In *Anais Estendidos do XXVI Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web* (São Luís). SBC, Porto Alegre, RS, Brasil, 75–78. https://doi.org/10.5753/webmedia_estendido.2020.13066
- [23] Marcos R.M. Oliveira, Carlos B.P. Filho, and Anderson F.R. Fer. 2008. iTV project: an authoring tool for mhpl and ginga-j based on a web environment. In *Proceedings of the 1st International Conference on Designing Interactive User Experiences for TV and Video* (Silicon Valley, California, USA) (*UXTV '08*). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 179–182. <https://doi.org/10.1145/1453805.1453840>
- [24] Matthew J Page, Joanne E. McKenzie, Patrick M Bossuyt, Isabelle Boutron, Tammy C Hoffmann, Cynthia D Mulrow, Larissa Shamser, Jennifer M Tetzlaff, Elie A Akk, Sue E Brennan, Roger Chou, Julie Glanville, Jeremy M Grimshaw, Asbjorn Hróbjartsson, Manoj M Lalu, Tianjin Li, Elizabeth W Loder, Evan Mayo-Wilson, Steve McDonald, Luke A McGuinness, Lesley A Stewart, James Thomas, Andrea C Tricco, Vivian A Welch, Penny Whiting, and David Moher. 2021. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 372 (2021). <https://doi.org/10.1136/bmj.n71> arXiv:<https://www.bmjjournals.org/content/372/bmj.n71.full.pdf>
- [25] Henrique S. L. Pequeno, George A. M. Gomes, Rossana M. C. Andrade, José N. de Souza, and Miguel F. de Castro. 2010. FrameIDTV: A framework for developing interactive applications on digital television environments. *J. Netw. Comput. Appl.* 33, 4 (July 2010), 503–511. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2010.01.002>
- [26] Thiago Monteiro Protá, Douglas Véras da Silva, Fernando da Fonseca de Souza, and Carlos André Guimarães Ferraz. 2014. MoonDo-Eclipse: An Integrated Development Environment for Ginga-NCL Applications. In *2014 Brazilian Symposium on Software Engineering*. 151–160. <https://doi.org/10.1109/SBES.2014.26>
- [27] Pedro Valentim and Débora Muchaluat-Saade. 2024. Uma Ferramenta de Autoria para Interação Multimodal em Aplicações NCL 4.0. In *Anais Estendidos do XXX Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web* (Juiz de Fora/MG). SBC, Porto Alegre, RS, Brasil, 325–328. https://doi.org/10.5753/webmedia_estendido.2024.244590
- [28] Rômulo Vieira, Marina Ivanov, Raphael Abreu, Joel dos Santos, Douglas Mattos, and Débora Muchaluat-Saade. 2023. Autoria de Aplicações Multissensoriais para TV 3.0 com a Ferramenta STEVE. In *Anais Estendidos do XXIX Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web* (Ribeirão Preto/SP). SBC, Porto Alegre, RS, Brasil, 143–149. https://doi.org/10.5753/webmedia_estendido.2023.236124