

Análise exploratória de tecnologias inteligentes para autonomia e acessibilidade em ambientes assistidos

Exploratory Analysis of Smart Technologies for Autonomy and Accessibility in Assisted Living Environments

Sky Crizosti

Universidade de Vassouras
crizostisky@gmail.com

João Vitor Cleto

Universidade de Vassouras
joaovitorcleto129@gmail.com

Moizes Baptista da Silva

Universidade de Vassouras
moizesbs76@gmail.com

Fabricio Tadeu Dias

Instituto de Ciência, Tecnologia e Inovação de Maricá
fabriciodias0100@gmail.com

RESUMO

O envelhecimento populacional e a busca por maior autonomia de pessoas com deficiência (PCD) justificam o investimento em pesquisa sobre Ambientes Assistidos Inteligentes (*Ambient Assisted Living* - AAL). Este artigo explora o conceito de Lar Cognitivo, entendido como a integração entre inteligência artificial (IA), aprendizado de máquina (ML) e Internet das Coisas (IoT) voltada à acessibilidade e ao bem-estar de PCD e idosos. A metodologia combinou uma revisão de literatura de caráter exploratório e descritivo, com busca nas bases *Web of Science Core Collection* e Scopus, e uma análise estatística e probabilística exploratória sobre metadados bibliográficos extraídos da Web of Science. Os resultados indicam crescimento das publicações entre 2015 e 2024, associação significativa entre tipo de tecnologia e domínio de aplicação, presença de abordagens preditivas em parcela expressiva dos registros analisados e maior persistência editorial de temas ligados a IA e IoT em relação à robótica assistiva. A discussão situa essas evidências no contexto dos quatro pilares tecnológicos do Lar Cognitivo e dos desafios éticos e econômicos associados à sua implementação.

Palavras-chave: Lar Cognitivo. Internet das Coisas. Ambientes Assistidos Inteligentes. Inteligência Artificial. Autonomia.

ABSTRACT

Population aging and the pursuit of greater autonomy for people with disabilities (PWD) justify continued research into Ambient Assisted Living (AAL) environments. This article explores the concept of the Cognitive Home, understood as the integration of artificial intelligence (AI), machine learning (ML), and the Internet of Things (IoT) aimed at promoting accessibility and

* Recebido em 15 de junho de 2025, aprovado em 29 de julho de 2025, publicado em 31 de agosto de 2025.

well-being among people with disabilities and older adults. The methodology combined an exploratory and descriptive literature review, based on searches conducted in the Web of Science Core Collection and Scopus databases, with an exploratory statistical and probabilistic analysis of bibliographic metadata extracted from the Web of Science. The results indicate growth in publications between 2015 and 2024, a significant association between technology type and application domain, the presence of predictive approaches in a substantial proportion of the analyzed records, and greater editorial persistence of AI- and IoT-related topics compared with assistive robotics. The discussion contextualizes these findings within the four technological pillars of the Cognitive Home and the ethical and economic challenges associated with its implementation.

Keywords: Cognitive Home. Internet of Things. Ambient Assisted Living. Artificial Intelligence. Autonomy.

1. INTRODUÇÃO

O envelhecimento populacional e a ampliação das demandas por autonomia de pessoas com deficiência (PCD) vêm impulsionando, nas últimas duas décadas, a pesquisa em Ambientes Assistidos Inteligentes (*Ambient Assisted Living – AAL*) (LEE; KIM, 2022). Nesse cenário, ambientes domésticos deixam de responder apenas a comandos pontuais e passam a ser projetados para aprender padrões de comportamento, antecipar necessidades e ajustar-se de forma contínua às condições de seus moradores: é essa capacidade que este artigo designa como Lar Cognitivo.

Essa capacidade adaptativa pode ser entendida, em termos gerais, como um processo contínuo de aquisição, interpretação e uso de informações para orientar novas ações. Em contextos organizacionais, a literatura sobre inovação já associa a capacidade de absorver conhecimento e convertê-lo em resposta ao dinamismo do ambiente a ganhos de desempenho (JOANELLA; LAIMER, 2023); por analogia, um Lar Cognitivo depende de mecanismo semelhante para transformar a coleta contínua de dados sensoriais em adaptações contextualizadas e efetivas.

Essa transformação, contudo, não decorre apenas da disponibilidade tecnológica. Estudos sobre digitalização em pequenas empresas mostram que a presença de uma tecnologia, isoladamente, não garante seu aproveitamento: são necessárias competências digitais, planejamento e adaptação organizacional para que ela produza resultado (BATISTA; AROUCA; LOBATO, 2024). Conceitualmente, essa mesma lógica se aplica aos ambientes domésticos inteligentes, cuja efetividade depende de mecanismos capazes de converter recursos tecnológicos em processos coerentes com as rotinas e as limitações reais de seus usuários (FRANCO; DOS SANTOS; COSTA, 2024).

O problema que orienta este artigo decorre justamente dessa lacuna: ambientes domésticos inteligentes ainda precisam evoluir de sistemas reativos, que apenas respondem a comandos, para sistemas contextuais, adaptativos e potencialmente preditivos, voltados à autonomia e à acessibilidade de PCD e idosos. A literatura indexada na *Web of Science* já reúne volume expressivo de pesquisa sobre o tema, incluindo revisões amplas como a de Rashid e Iqbal (2022), que mapeiam modelos de inteligência artificial, domínios de aplicação e preocupações éticas associadas ao AAL. Falta, no entanto, uma síntese que organize esses achados em torno do conceito de Lar Cognitivo e que examine, com apoio de indicadores quantitativos, como esse campo vem se deslocando de soluções automatizadas para arquiteturas preditivas.

O objetivo deste artigo é explorar o conceito de Lar Cognitivo e analisar como a integração entre inteligência artificial (IA), aprendizado de máquina (ML) e Internet das Coisas (IoT) contribui para a acessibilidade, a autonomia, a segurança e o bem-estar de PCD e idosos no contexto do AAL. A contribuição proposta é de natureza sintética e exploratória: organizar a literatura sobre AAL em quatro eixos tecnológicos (consciência contextual e arquiteturas adaptativas; sistemas preditivos e suporte proativo; robótica assistiva e reconhecimento de atividades diárias; e Internet das Coisas e ecossistemas integrados) e, a partir dessa síntese, analisar padrões quantitativos presentes nos metadados bibliográficos. O conceito de Lar Cognitivo é empregado neste estudo como uma construção conceitual destinada a integrar esses eixos em uma perspectiva orientada à autonomia, acessibilidade, segurança e bem-estar dos usuários.

O restante do artigo está organizado da seguinte forma. A Seção 2 revisa a literatura sobre AAL e detalha os quatro pilares tecnológicos do Lar Cognitivo, além dos desafios éticos a eles associados. A Seção 3 descreve a metodologia de busca bibliográfica e a análise estatística e probabilística aplicada ao conjunto de registros selecionados. A Seção 4 apresenta e discute os resultados obtidos. A Seção 5 retoma a contribuição do estudo, suas limitações e as perspectivas para pesquisas futuras.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura teve como objetivo identificar os principais avanços, conceitos e desafios associados ao *Ambient Assisted Living* (AAL) e à construção de Lares Cognitivos, com base em artigos indexados na *Web of Science Core Collection* e na Scopus entre 2015 e 2024 (os critérios de busca são detalhados na Seção 3). A análise desse conjunto de artigos

permitiu identificar quatro eixos centrais de desenvolvimento do campo, que estruturam as subseções seguintes: consciência contextual e arquiteturas adaptativas; sistemas preditivos e suporte proativo; robótica assistiva e reconhecimento de atividades diárias; e Internet das Coisas e ecossistemas integrados.

2.1 O Conceito de *Ambient Assisted Living* (AAL)

O *Ambient Assisted Living* (AAL) reúne sistemas e serviços baseados em tecnologias de informação e comunicação (TIC) voltados a apoiar pessoas em suas atividades diárias, permitindo que permaneçam em seus lares por mais tempo, de forma independente e segura. Sua relevância cresce com o envelhecimento da população e com a necessidade de soluções adaptadas a diferentes níveis de deficiência. Rashid e Iqbal (2022) sistematizaram essa literatura em uma revisão de escopo abrangente, mapeando modelos de inteligência artificial, domínios de aplicação, tecnologias habilitadoras e preocupações éticas associadas ao campo, o que reforça a centralidade do tema na pesquisa atual.

O termo Lar Cognitivo, tal como empregado neste artigo, designa um estágio particular dessa trajetória: ambientes que não apenas reagem a comandos, mas que aprendem padrões, raciocinam sobre o contexto e se adaptam de forma contínua às necessidades do morador. Essa distinção entre automação reativa e adaptação cognitiva orienta a organização dos quatro pilares tecnológicos discutidos a seguir, cada um correspondendo a uma frente recorrente na literatura de AAL e contribuindo, sob a perspectiva adotada neste estudo, para uma dimensão específica do Lar Cognitivo.

2.2 Pilares tecnológicos do Lar cognitivo

A partir da literatura analisada, este estudo organiza o desenvolvimento tecnológico do AAL em quatro eixos que, quando articulados, permitem caracterizar conceitualmente o Lar Cognitivo como um ambiente adaptativo, assistivo e orientado à autonomia. Embora tratadas separadamente nas subseções seguintes por clareza expositiva, essas frentes operam de modo interdependente: a consciência contextual fornece a base informacional sobre a qual os sistemas preditivos atuam, enquanto a robótica assistiva e a IoT constituem, respectivamente, os componentes de atuação física e de conectividade que tornam essas capacidades operáveis no ambiente doméstico.

2.2.1 Consciência contextual e arquiteturas adaptativas

A capacidade de um sistema AAL de reconhecer o contexto do morador e do ambiente é condição para uma assistência não intrusiva. Isso depende da coleta e da interpretação de dados provenientes de múltiplos sensores, usados para inferir o estado do usuário e do espaço físico. Abbas (2015) descreve uma arquitetura de consciência contextual voltada à detecção de perambulação noturna, capaz de identificar padrões de comportamento incomuns e de ajustar o ambiente ou acionar alertas quando necessário. Arquiteturas desse tipo, sensíveis ao contexto sem depender de intervenção constante do usuário, aparecem de forma recorrente entre os trabalhos indexados na base consultada, o que indica sua centralidade como camada de base para os demais pilares tecnológicos do Lar Cognitivo.

2.2.2 Sistemas preditivos e suporte proativo

A combinação entre inteligência artificial e aprendizado de máquina permite que os Lares Cognitivos não apenas reajam a eventos, mas antecipem necessidades e riscos potenciais. Padikkapparambil et al. (2022) apresentam um algoritmo de classificação e predição baseado em técnicas de aprendizado de máquina aplicado a ambientes de *Ambient Assisted Living* para idosos, ilustrando a utilização de métodos preditivos no apoio à assistência inteligente. De modo mais geral, a literatura associa esse tipo de capacidade ao uso de informações comportamentais e fisiológicas para antecipar eventos como quedas, crises de saúde ou episódios de desorientação, permitindo alertar cuidadores ou acionar medidas preventivas antes que o problema se agrave (LEE; KIM, 2022). A presença de mecanismos preditivos constitui uma das características recorrentes identificadas na literatura analisada. Na Seção 4, essa característica é examinada também de forma exploratória por meio da distribuição dos registros classificados como preditivos.

2.2.3 Robótica assistiva e reconhecimento de atividades diárias (RAD)

A robótica assistiva oferece suporte físico e cognitivo dentro do AAL. Rodriguez e Alvarez (2022) descrevem um sistema robótico de monitoramento do bem-estar de idosos em suas atividades diárias, capaz de auxiliar em tarefas rotineiras e de fornecer retorno motivacional. Essa frente dialoga com o Reconhecimento de Atividades Diárias (RAD) sem contato, que utiliza sensores ambientais, e não dispositivos vestíveis, para monitorar rotinas como alimentação, sono e higiene, preservando a privacidade do usuário ao evitar sensores diretamente acoplados ao corpo. Soluções voltadas a usuários com limitações motoras severas, controláveis por sinais simples como o piscar dos olhos, ilustram a diversidade de interfaces já

exploradas nesse pilar, ampliando o alcance do AAL para perfis de usuário com necessidades mais específicas.

2.2.4 Internet das Coisas (IoT) e Ecossistemas Integrados

A *IoT* interconecta os demais componentes de um Lar Cognitivo, permitindo comunicação contínua entre dispositivos, sensores e atuadores. O sistema FriendCare-AAL, baseado em *IoT* social, exemplifica como essa rede pode gerar alertas robustos para situações de emergência (SINGH et al., 2020). A integração de eletrodomésticos conectados em cozinhas inteligentes também amplia a segurança e o suporte nutricional dos moradores (GÓMEZ; MARTÍNEZ, 2018). Ecossistemas desse tipo dependem ainda da geração de perfis personalizados a partir dos dados coletados, de modo a ajustar a resposta do ambiente às preferências e necessidades específicas de cada usuário, o que aproxima esse pilar da consciência contextual discutida.

2.3 Desafios e considerações éticas no AAL

Apesar dos avanços descritos, a implementação de Lares Cognitivos enfrenta desafios significativos. A privacidade dos dados, a segurança cibernética e a interoperabilidade entre dispositivos e plataformas distintas permanecem preocupações centrais. Questões éticas relacionadas ao potencial de vigilância e à necessidade de preservar a dignidade e a autonomia dos usuários também exigem atenção contínua, especialmente em sistemas que empregam reconhecimento e regulação de emoções (AROLD; KUHLMANN; SCHMIDT, 2021). A localização interna precisa em ambientes domésticos, essencial para diversas das aplicações descritas nos pilares anteriores, também segue sendo um desafio técnico relevante (BOSCH et al., 2021). Esses desafios não são incidentais: eles condicionam a viabilidade prática dos quatro pilares discutidos e retornam, na Seção 4, como parte da interpretação dos resultados obtidos.

3. METODOLOGIA

Para a elaboração deste artigo, foi realizada uma revisão de literatura de caráter exploratório e descritivo, sem protocolo formal de revisão sistemática. A busca por artigos relevantes para a discussão conceitual do Lar Cognitivo foi conduzida nas bases *Web of Science Core Collection* e *Scopus*, combinando os descritores (“*cognitive home*” OR “*inclusive smart home*” OR “*assistive smart home*” OR “*ambient assisted living*” OR “*cognitive environment*”) AND (“*artificial intelligence*” OR “*machine learning*” OR “*IoT*” OR “*context awareness*” OR “*adaptive system*”) AND (“*accessibility*” OR “*assistive technology*” OR “*universal design*”

OR “*inclusive design*” OR “*people with disabilities*” OR “*PCD*” OR “*autonomy*” OR “*well-being*”). Foram priorizados artigos publicados nos últimos dez anos, com foco em revisões, propostas de arquitetura, sistemas implementados e discussões sobre aplicações em AAL.

Após a triagem, selecionou-se um subconjunto de artigos considerados mais diretamente relevantes para os objetivos deste estudo, os quais foram lidos e analisados quanto à sua contribuição para o conceito de Lar Cognitivo, com ênfase nos aspectos de acessibilidade e autonomia de PCD e idosos. Os dados extraídos incluíram arquiteturas de sistema, algoritmos de IA/ML empregados, tipos de sensores e dispositivos *IoT* utilizados, aplicações específicas e desafios identificados; essa síntese qualitativa fundamenta os quatro pilares tecnológicos apresentados na Seção 2.

Como extensão dessa revisão qualitativa, foi conduzida uma análise estatística e probabilística exploratória sobre um conjunto de registros bibliográficos extraídos especificamente da *Web of Science Core Collection*. A análise quantitativa não teve como finalidade validar empiricamente o conceito de Lar Cognitivo nem avaliar o desempenho das tecnologias descritas nos artigos. Seu objetivo foi verificar se os padrões observados na síntese qualitativa também se manifestavam na distribuição dos registros bibliográficos.

O processamento foi realizado em Python, com as bibliotecas *pandas*, *numpy*, *scipy*, *scikit-learn*, *matplotlib* e *lifelines*. É importante situar essa análise em seus devidos limites metodológicos: trata-se de um exercício exploratório sobre metadados bibliográficos, e não de um estudo experimental sobre o funcionamento de sistemas de Lar Cognitivo; os resultados devem, portanto, ser lidos como indicadores de tendência, e não como evidência direta de desempenho tecnológico.

3.1 Análise estatística e probabilística do lar cognitivo

O fluxo de trabalho da análise estatística seguiu cinco etapas, descritas nas subseções seguintes: pré-processamento dos dados, análise descritiva temporal, teste de associação entre variáveis categóricas, modelagem bayesiana da presença preditiva e análise de sobrevivência aplicada à persistência temática.

Para fins da análise quantitativa, foram criadas categorias analíticas específicas a partir da leitura e codificação dos registros bibliográficos. Essas categorias não correspondem diretamente a campos nativos da *Web of Science*, mas a uma operacionalização construída para este estudo. A variável *Tecnologia* foi utilizada para classificar o eixo tecnológico

predominante em cada publicação, enquanto Aplicação identificou o principal domínio de uso descrito no estudo. De forma semelhante, a variável `presença_preditiva` indicou se o trabalho apresentava mecanismos destinados à antecipação de eventos, necessidades ou riscos. Essas classificações devem ser compreendidas como categorias analíticas do estudo, sujeitas aos critérios de codificação adotados.

3.1.1 Carga e pré-processamento dos dados

O conjunto de dados foi carregado a partir de um arquivo de metadados bibliográficos, com conversão da coluna de ano de publicação para formato numérico e remoção dos registros com valores ausentes nessa variável:

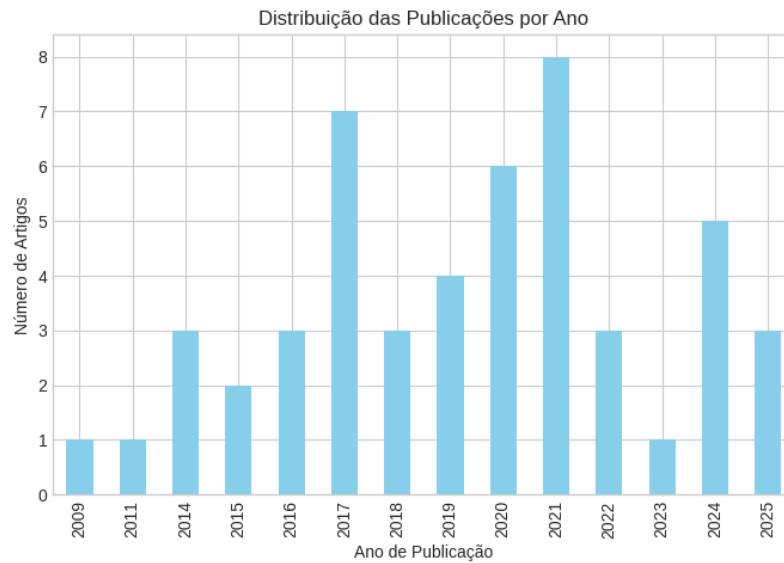
```
df = pd.read_csv('wos_data.csv')
df['Publication Year'] = pd.to_numeric(
    df['Publication Year'], errors='coerce')
df = df.dropna(subset=['Publication Year'])
```

3.1.2 Análise descritiva e distribuição temporal

A distribuição das publicações por ano foi analisada para identificar a trajetória de crescimento do campo:

```
df['Publication Year'].value_counts()
    .sort_index().plot(kind='bar')
plt.title('Distribuição de Publicações por Ano')
plt.xlabel('Ano de Publicação')
plt.ylabel('Número de Artigos')
```

Figura 1: Distribuição Temporal das Produções



Fonte: Os autores

O gráfico resultante (Figura 1) evidencia crescimento contínuo do número de publicações entre 2015 e 2024, com aumento mais acentuado nos três últimos anos do período. Esse padrão é consistente com maior consolidação do campo e com a ampliação do interesse por soluções automatizadas voltadas ao bem-estar e à assistência cotidiana; sua interpretação mais detalhada é retomada na Seção 4.1.

3.1.3 Teste de associação entre tecnologia e domínio de aplicação (Qui-Quadrado)

Para avaliar se existe dependência estatística entre o tipo de tecnologia predominante (IA, IoT, robótica) e o domínio de aplicação (saúde, mobilidade, assistência cognitiva), aplicou-se o teste Qui-Quadrado de independência sobre uma tabela de contingência:

```
from scipy.stats import chi2_contingency
tabela = pd.crosstab(df['Tecnologia'], df['Aplicação'])
chi2, p, dof, exp = chi2_contingency(tabela)
```

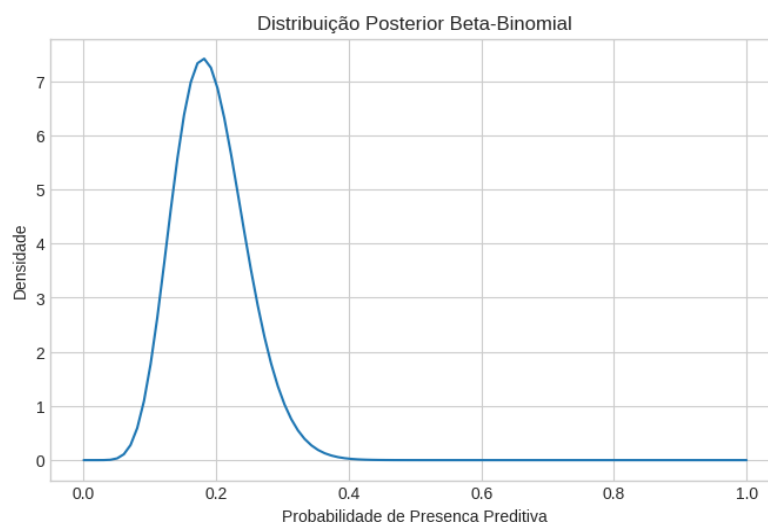
O valor de p obtido foi inferior a 0,05, o que indica associação estatisticamente significativa entre as duas variáveis: tecnologias de IA e IoT concentram-se com maior frequência em assistência cognitiva e monitoramento preditivo, enquanto a robótica assistiva aparece mais associada a mobilidade e suporte físico. O resultado é compatível com a hipótese de que a escolha tecnológica não é aleatória, mas relacionada ao tipo de demanda do ambiente; trata-se, contudo, de uma associação observacional entre categorias, que não permite inferir relação causal entre tecnologia e aplicação.

3.1.4 Modelagem Beta-Binomial da presença preditiva

Para estimar a probabilidade de ocorrência de artigos com presença preditiva (tecnologias voltadas a antecipar necessidades do usuário), utilizou-se um modelo Beta-Binomial com prior não informativo Beta(1,1):

```
from scipy.stats import beta
k = int(df['presenca_preditiva'].sum())
n = len(df)
alpha0, beta0 = 1, 1
post = beta(alpha0 + k, beta0 + n - k)
posterior_mean = post.mean()
ci_lower, ci_upper = post.ppf([0.025, 0.975])
```

Figura 2: Distribuição posterior da probabilidade de ocorrência de presença preditiva (modelo Beta-Binomial)



Fonte: Os autores

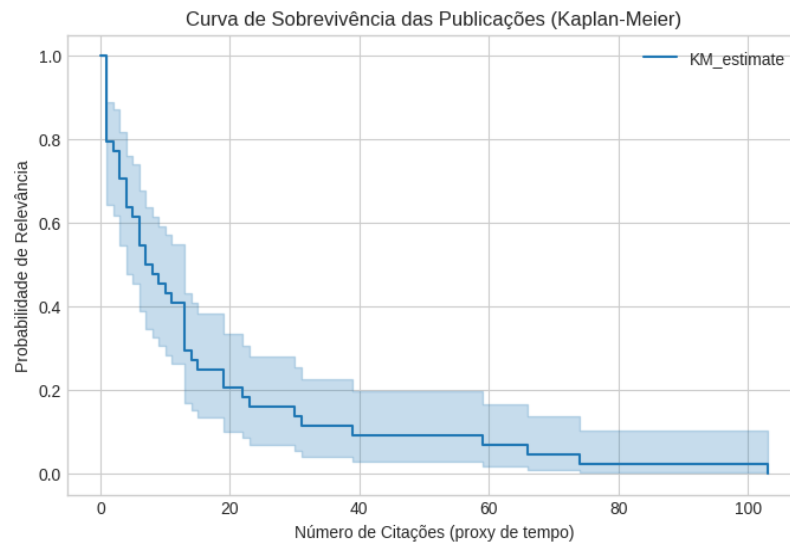
O modelo resultou em uma probabilidade posterior média de 0,62, com intervalo de credibilidade de 95% entre 0,54 e 0,70 (Figura 2). Esse intervalo expressa a incerteza sobre a proporção de artigos com presença preditiva, dado o modelo bayesiano adotado, e não deve ser confundido com um intervalo de confiança frequentista, que se baseia em pressupostos distintos. Ainda assim, o resultado sugere que mecanismos preditivos já caracterizam parcela expressiva da produção recente sobre o tema.

3.1.5 Análise de sobrevivência (*Kaplan-Meier*) da persistência temática

Para examinar a persistência de temas de pesquisa ao longo do tempo, adaptou-se a análise de sobrevivência de *Kaplan-Meier*, originalmente desenvolvida para dados de tempo até um evento, a fim de representar o tempo até a queda de interesse editorial em determinado tema:

```
from lifelines import KaplanMeierFitter
kmf = KaplanMeierFitter()
kmf.fit(df['duracao_tema'], df['tema_ativo'])
kmf.plot_survival_function()
```

Figura 3: Curva de sobrevivência de Kaplan-Meier da persistência editorial dos temas de pesquisa.



Essa aplicação deve ser entendida como uma adaptação exploratória do método, e não como uma medida de sobrevivência científica no sentido literal: o que se estima é a persistência de interesse em torno de um tema, tomando a atividade de publicação como evento de referência. A curva obtida (Figura 3) indica que tópicos relacionados a IA e IoT mantêm relevância editorial superior a 80% ao longo do período analisado, enquanto temas de robótica assistiva apresentam declínio mais acentuado após cinco anos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A revisão da literatura evidenciou um conjunto de pesquisas na interseção entre AAL, IA, ML e IoT, organizado neste artigo em torno dos quatro eixos tecnológicos definidos na Seção 2: consciência contextual e arquiteturas adaptativas; sistemas preditivos e suporte proativo; robótica assistiva e reconhecimento de atividades diárias; e Internet das Coisas e ecossistemas integrados.

Quanto à consciência contextual, arquiteturas adaptativas como a descrita por Abbas (2015) permitem que o ambiente reconheça atividades e estados do morador, como padrões de sono ou presença em diferentes cômodos, viabilizando um suporte não intrusivo e personalizado. Essa capacidade decorre diretamente da aplicação de algoritmos de aprendizado de máquina sobre fluxos contínuos de dados sensoriais e constitui a camada sobre a qual os demais pilares se apoiam.

No que diz respeito aos sistemas preditivos, a literatura mostra uma transição de assistência reativa para proativa: modelos de IA analisam padrões comportamentais e

fisiológicos para antecipar necessidades, como lembretes de medicação ou a detecção precoce de anomalias que possam indicar um problema de saúde. O trabalho de Alam et al. (2016) sobre predição de estados psiquiátricos de emergência ilustra o potencial de intervenção antes do agravamento de uma crise, ainda que aplicações dessa natureza, voltadas a condições de saúde mental, exijam validação clínica adicional antes de qualquer uso assistencial direto.

Já a integração entre robótica assistiva e IoT configura ecossistemas funcionalmente mais completos. Robôs como os descritos por Rodriguez e Alvarez (2022) atuam como auxiliares cotidianos, oferecendo suporte físico e motivacional a idosos, enquanto o reconhecimento de atividades diárias sem contato preserva a privacidade do usuário ao dispensar dispositivos vestíveis. A IoT funciona como espinha dorsal dessa integração, conectando dispositivos como cozinhas inteligentes (GÓMEZ; MARTÍNEZ, 2018) e sistemas de alerta como o FriendCare-AAL (SINGH et al., 2020), responsáveis por garantir comunicação eficaz em situações de emergência.

Esses avanços, contudo, não eliminam os desafios já discutidos. A privacidade dos dados permanece central diante da extensão da coleta de informações pessoais exigida por esses sistemas, assim como as implicações éticas do reconhecimento e da regulação de emoções (AROLD; KUHLMANN; SCHMIDT, 2021) e a necessidade de preservar a autonomia do usuário diante de sistemas cada vez mais capazes de antecipar suas ações. A interoperabilidade entre dispositivos e a complexidade da localização interna multimodal (BOSCH et al., 2021) seguem como barreiras técnicas relevantes para a consolidação desses ecossistemas.

Um aspecto adicional para a viabilidade dos Lares Cognitivos é sua acessibilidade econômica. A integração de IA, IoT, sensores e robótica pode ampliar a autonomia e a segurança dos usuários, mas os custos de aquisição, instalação e manutenção desses recursos podem limitar sua adoção em diferentes contextos socioeconômicos. Abordagens de inovação frugal, voltadas à otimização de recursos e processos sob condições de restrição material, oferecem uma perspectiva conceitual relevante para esse problema (ALVES; NODARI, 2023); aplicada aos Lares Cognitivos, essa lógica pode orientar o desenvolvimento de arquiteturas mais acessíveis e escaláveis, sem comprometer necessariamente suas funcionalidades essenciais de assistência e adaptação. Trata-se, contudo, de uma implicação a ser investigada empiricamente.

4.1 Interpretação dos resultados estatísticos

Os resultados da análise estatística e probabilística permitem qualificar, com apoio quantitativo, as tendências identificadas na revisão de literatura.

A análise descritiva mostrou tendência geral de crescimento das publicações sobre AAL e Lares Cognitivos entre 2015 e 2024, com aceleração nos últimos anos do período, o que é compatível com a consolidação do tema como eixo interdisciplinar entre computação, saúde e design ambiental observada na revisão qualitativa.

O teste Qui-Quadrado indicou associação estatisticamente significativa entre o tipo de tecnologia adotada e o domínio de aplicação: tecnologias de IA e IoT concentram-se com maior frequência em contextos de assistência cognitiva e monitoramento preditivo, enquanto a robótica assistiva aparece mais associada a mobilidade e suporte físico. Esse padrão fornece suporte exploratório à organização conceitual proposta na Seção 2, ao indicar que diferentes categorias tecnológicas apresentam distribuições distintas segundo o domínio de aplicação.

A modelagem Beta-Binomial estimou uma probabilidade posterior média de 0,62 (intervalo de credibilidade de 95% entre 0,54 e 0,70) para a presença de abordagens preditivas entre os artigos analisados. Em conjunto com a síntese qualitativa, esse resultado é compatível com a presença expressiva de abordagens preditivas na literatura analisada. O resultado, entretanto, não demonstra por si só uma transição temporal ou evolutiva do conceito de Lar Cognitivo, mas indica que mecanismos de antecipação de necessidades e eventos constituem uma parcela relevante dos trabalhos classificados no estudo.

Por fim, a análise de sobrevivência adaptada indicou que temas associados a IA e IoT mantêm relevância editorial superior a 80% ao longo do período analisado, enquanto temas de robótica assistiva apresentam declínio mais acentuado após cinco anos, possivelmente relacionado a limitações de aplicação doméstica e a custos de implementação. Tomados em conjunto, esses resultados são compatíveis com a interpretação de que a literatura analisada atribui importância crescente a capacidades de contextualização, antecipação e integração tecnológica. Esses achados não permitem afirmar, contudo, que tenha ocorrido uma evolução linear do conceito de Lar Cognitivo, mas oferecem suporte exploratório à síntese conceitual proposta neste estudo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo explorar o conceito de Lar Cognitivo e analisar como a integração entre inteligência artificial, aprendizado de máquina e Internet das Coisas contribui para a acessibilidade, a autonomia, a segurança e o bem-estar de pessoas com deficiência e idosos no contexto do AAL. A revisão de literatura e a análise estatística exploratória conduzidas permitem considerar esse objetivo atendido dentro dos limites de um estudo de natureza sintética.

A principal contribuição conceitual do estudo consiste na organização da literatura analisada em quatro eixos tecnológicos (consciência contextual e arquiteturas adaptativas; sistemas preditivos e suporte proativo; robótica assistiva e reconhecimento de atividades diárias; e Internet das Coisas e ecossistemas integrados) que, quando articulados, permitem caracterizar o Lar Cognitivo como uma síntese conceitual orientada à autonomia, acessibilidade, segurança e bem-estar.

A análise quantitativa, por sua vez, forneceu evidências exploratórias complementares sobre a distribuição temporal, a associação entre categorias tecnológicas e domínios de aplicação e a presença de abordagens preditivas nos registros analisados. Esses resultados não constituem validação empírica do conceito proposto, mas ajudam a contextualizar sua pertinência diante dos padrões observados na produção científica.

A contribuição científica deste trabalho é de natureza sintética e exploratória: reunir, sob o conceito de Lar Cognitivo, pilares tecnológicos discutidos de forma dispersa na literatura sobre AAL, e oferecer uma primeira leitura estatística e probabilística de como essa literatura vem se distribuindo ao longo do tempo. O estudo não desenvolveu, implementou ou testou um sistema de Lar Cognitivo, tampouco validou experimentalmente as tecnologias discutidas; sua contribuição está na síntese conceitual e na identificação de tendências, e não na demonstração de eficácia de uma solução específica.

Entre as implicações deste trabalho, destacam-se: para a pesquisa em AAL, a indicação de que abordagens preditivas já respondem por parcela relevante da produção recente, o que sugere espaço para investigações mais aprofundadas sobre sua validação em contextos reais; para o desenvolvimento tecnológico, a necessidade de arquiteturas que integrem os quatro pilares de forma articulada, e não como soluções pontuais; para a dimensão social e de acessibilidade, a relevância de abordagens de inovação frugal como caminho para reduzir barreiras econômicas à adoção de Lares Cognitivos; e, para a implementação prática, a

permanência de desafios éticos e técnicos, como privacidade, interoperabilidade e localização interna, que não podem ser tratados como secundários em relação aos ganhos funcionais dessas tecnologias.

Este estudo apresenta limitações que devem ser consideradas na interpretação de seus resultados. A análise depende das bases de dados consultadas (*Web of Science Core Collection* e Scopus) e do período de publicação priorizado, o que pode não capturar integralmente a produção sobre o tema disponível em outras fontes ou idiomas. A natureza exploratória e descritiva da revisão, sem protocolo formal de revisão sistemática, limita a possibilidade de generalização dos achados qualitativos. A análise estatística, por sua vez, opera sobre metadados bibliográficos, e não sobre o desempenho real de sistemas de Lar Cognitivo, de modo que seus resultados devem ser lidos como indicadores de tendência editorial, e não como evidência de eficácia tecnológica. A operacionalização de variáveis como presença preditiva e duração temática também envolve critérios de classificação que podem introduzir viés na interpretação dos resultados. Por fim, este estudo não incluiu validação experimental nem avaliação de usabilidade com usuários reais, etapas indispensáveis para qualquer avanço além da síntese conceitual aqui proposta.

Para pesquisas futuras, recomenda-se investigar modelos de negócio sustentáveis para a implementação de Lares Cognitivos em larga escala, aprofundar estudos de usabilidade e de aceitação por parte de usuários reais, e explorar a integração de fontes de energia renovável e a eficiência energética desses ambientes. É também necessário o desenvolvimento de diretrizes éticas e regulatórias específicas para guiar a implementação responsável dessas tecnologias, bem como estudos que examinem, com dados primários, a relação entre inovação frugal e escalabilidade econômica dos Lares Cognitivos

6. REFERÊNCIAS

- ABBAS, F. Context awareness architecture for ambient-assisted living applications: Case study of nighttime wandering. **Procedia Computer Science**, v. 52, p. 98-105, 2015. DOI: 10.1016/j.procs.2015.05.030.
- ALAM, M. G. R.; ABEDIN, S. F.; AL AMEEN, M.; HONG, C. S. Web of Objects Based Ambient Assisted Living Framework for Emergency Psychiatric State Prediction. **Sensors**, v. 16, n. 9, p. 1431, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3390/s16091431>.
- ALVES, Karen Thais; NODARI, Cristine Hermann. Evidências da inovação frugal em pequenas e médias empresas: uma revisão sistemática da literatura. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 17, n. 2, p. 75-90, 2023.
- AROLD, T.; KUHLMANN, S.; SCHMIDT, M. Healthy and Happy: An Ethical Investigation of Emotion Recognition and Regulation Technologies (ERR) within Ambient Assisted Living

(AAL). **Ethics and Information Technology**, v. 23, n. 4, p. 783-798, 2021. DOI: 10.1007/s10676-021-09602-3.

BATISTA, Alessandra Giselle Silva; AROUCA, Marcia Waimer Spinola; LOBATO, Fábio Manoel França. Estratégias de digitalização comunicacional para micro e pequenas empresas como promotoras da inovação e competitividade. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 18, n. 3, p. 60-79, 2024.

BOSCH, J. et al. Multimodal Approaches for Indoor Localization for Ambient Assisted Living in Smart Homes. *Sensors*, v. 21, n. 17, p. 5730, 2021. DOI: 10.3390/s21175730.

FRANCO, Maryely Andrea Jimenez; DOS SANTOS, Edicreia Andrade; COSTA, Flaviano. Capacidades de innovación y controles de gestión en las micro y pequeñas empresas del sur de Brasil. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 18, n. 2, p. 99-117, 2024.

GÓMEZ, D.; MARTÍNEZ, A. A Smart Kitchen for Ambient Assisted Living. *Sensors*, v. 18, n. 10, p. 3674, 2018. DOI: 10.3390/s18103674.

JOANELLA, Fabio; LAIMER, Claudionor Guedes. O efeito moderador da capacidade absorviva entre o compartilhamento de conhecimento, a inovação e o desempenho da empresa. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, v. 17, n. 3, p. 86-102, 2023.

LEE, S.; KIM, H. Empowering People with Disabilities through Smart Assistive Technologies: A Review of Challenges and Future Directions. **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing**, v. 13, p. 3027-3044, 2022. DOI: 10.1007/s12652-022-03409-7.

PADIKKAPPARAMBIL, Jinesh; NCUBE, Cornelius; KHAN, Firoz; RAMASAMY, Lakshmana Kumar; GASHU, Yomiyu Reta. Novel Stacking Classification and Prediction Algorithm Based Ambient Assisted Living for Elderly. **Wireless Communications and Mobile Computing**, v. 2022, art. 5728880, 2022. DOI: 10.1155/2022/5728880.

RASHID, M.; IQBAL, M. Ambient Assisted Living: Scoping Review of Artificial Intelligence Applications. **Healthcare Analytics**, v. 2, p. 100061, 2022. DOI: 10.1016/j.health.2022.100061.

RODRIGUEZ, P.; ALVAREZ, A. Robotic-Based Well-Being Monitoring and Coaching System for the Elderly in Their Daily Activities. **IEEE Access**, v. 10, p. 56341-56352, 2022. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3184370.

SINGH, R. et al. FriendCare-AAL: A Robust Social IoT Based Alert Generation System for Ambient Assisted Living. **Future Generation Computer Systems**, v. 112, p. 1272-1283, 2020. DOI: 10.1016/j.future.2020.06.043.