

OntoDemer: Uma Ontologia para Identificação de Riscos de Doenças com Base nos Comportamentos de Cadeirantes

João Gilberto da Silva Hoffmann¹, Jacinta Sidegum Renner²,
Rodrigo Real³, Jorge Luis Victória Barbosa¹

¹Programa de Pós-graduação em Computação Aplicada (PPGCA)
Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)
Av. Unisinos, 950 - Cristo Rei - São Leopoldo - 93022-750 - RS - Brasil

²Programa de Pós-Graduação em Diversidade Cultural e Inclusão Social
Universidade Feevale
ERS-239 - Vila Nova - Novo Hamburgo - 93525-075 - RS - Brasil

³Freedom Veículos Elétricos Ltda
Rua Conde de Porto Alegre, 155 - Pelotas - 96010-290 - RS - Brasil

{joaosh, jbarbosa}@unisinos.br, jacinta@feevale.br, rodrigo@freedom.ind.br

Abstract. *The global increase in disabilities highlights the need to manage health behaviors, especially for wheelchair users, who face unique challenges. Advances in Human-Computer Interaction (HCI), particularly in health monitoring, are effective tools for improving self-care. This article presents OntoDemer, an ontology designed to identify behaviors and risk factors in wheelchair users, serving as a foundation for disease prevention. The study identifies a lack of specific ontologies in this area. The entities, metrics, and relationships of OntoDemer demonstrated its ability to detect health risks. Evaluations using competency questions confirmed its usefulness, supporting preventive recommendations.*

Resumo. *O aumento global das deficiências destaca a necessidade de gerenciar comportamentos de saúde, especialmente para usuários de cadeiras de rodas, os quais enfrentam desafios únicos. Avanços em Interação Humano-Computador (IHC), especialmente em monitoramento de saúde, são ferramentas eficazes para melhorar o autocuidado. Este artigo apresenta o OntoDemer, uma ontologia para identificar comportamentos e fatores de risco em cadeirantes, servindo de base para a prevenção de doenças. O estudo identifica a falta de ontologias específicas nessa área. As entidades, métricas e relacionamentos da OntoDemer mostraram sua capacidade de detectar riscos de saúde. Avaliações com perguntas de competência confirmaram sua utilidade, apoiando recomendações preventivas.*

1. Introdução

Cerca de 1,6 bilhão de pessoas no mundo têm algum tipo de deficiência, e estima-se que esse número aumente devido ao crescimento da expectativa de vida. Em países com uma expectativa de vida superior a 70 anos, pelo menos 11% dos indivíduos experimentarão algum tipo de deficiência, geralmente nos anos mais avançados da vida. Avanços

recentes em Interação Humano-Computador (IHC) indicam que as tecnologias de monitoramento de saúde podem melhorar efetivamente o autocuidado dos pacientes. Essas tecnologias frequentemente utilizam técnicas emergentes de sensoriamento e informática pessoal para monitorar diversas condições de saúde, incluindo saúde mental, diabetes e esclerose múltipla [Li et al. 2023].

Hoffmann et al. [2025] reconheceram o potencial das tecnologias de monitoramento de saúde no apoio ao autocuidado de usuários de cadeiras de rodas que lidam com condições de saúde crônicas, como disfunção da bexiga e úlceras de pressão. Devido à capacidade das ontologias de representar formalmente o conhecimento em domínios específicos, elas permitem a descoberta de novos fatos por meio de inferências. Assim, sistemas computacionais que incorporam essa capacidade podem fornecer aos usuários informações adicionais, auxiliando-os na adoção de comportamentos saudáveis [Dias et al. 2024].

A contribuição deste artigo reside na criação da OntoDemer, uma ontologia que infere quais comportamentos dos usuários de cadeiras de rodas estão relacionados ao desenvolvimento de doenças. Assim, como defendido no trabalho de Pereira and Baranauskas [2017], uma ontologia pode ser usada como uma estrutura em sistemas computacionais para auxiliar os usuários de cadeiras de rodas na prevenção de doenças.

A organização do restante deste artigo é a seguinte. A Seção 2 discute trabalhos que utilizaram ontologias relacionadas. A Seção 3 descreve as questões incorporadas na metodologia de pesquisa. A Seção 4 apresenta o desenvolvimento da ontologia, mostrando as classes, axiomas e relações. A Seção 5 explica os cenários usados para validar a ontologia. A Seção 6 apresenta os resultados, com foco nas questões de competência. A Seção 7 discute os resultados obtidos. Finalmente, a Seção 8 apresenta as conclusões.

2. Trabalhos Relacionados

Uma pesquisa nas bases de dados da ACM¹, IEEE², PubMed³, Springer⁴ e Wiley⁵ identificou trabalhos relacionados. A pesquisa utilizou como termos principais *wheelchair*, *behavior* e *ontology*. A Tabela 1 apresenta os principais termos, seus sinônimos e a composição da *string* de pesquisa. A pesquisa abrangeu trabalhos de janeiro de 2019 a julho de 2024.

Tabela 1. Palavras-chave e String de Pesquisa.

Palavra-chave	String de Pesquisa
wheelchair	(wheelchair OR wheelchaired OR wheelchairbound) AND
behavior	(behavior OR personality OR habit OR attitude) AND
ontology	(ontology OR ontologies OR Semantic Web)

2.1. Filtragem de Estudos

O processo de seleção dos artigos utilizou critérios de inclusão e exclusão para orientar a filtragem, priorizar artigos relevantes e minimizar vieses. A Tabela 2 apresenta os

¹<https://dl.acm.org/>

²<https://ieeexplore.ieee.org/>

³<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>

⁴<https://link.springer.com/>

⁵<https://onlinelibrary.wiley.com/>

Critérios de Inclusão (CI) e os Critérios de Exclusão (CE), delineando os princípios usados para selecionar os artigos durante a pesquisa nas bases de dados.

Tabela 2. Critérios de Seleção.

Critério	Descrição
CI1	Publicado em conferências ou periódicos.
CI2	Trabalhos relacionados ao tema de pesquisa.
CI3	Título e palavras-chave.
CE1	Trabalho duplicado.
CE2	Trabalhos sem resumos.
CE3	Trabalhos que apenas mencionam os tópicos de interesse.
CE4	Trabalhos que não apresentaram uma ontologia.

A seleção inicial de 316 trabalhos foi reduzida para 31 pelo critério CE3, que teve o maior impacto na filtragem. Embora muitos estudos mencionassem os termos pesquisados, poucos apresentavam relação direta entre eles. Os critérios de exclusão refinaram ainda mais a análise, com o critério CE4 eliminando a maioria após a leitura completa. No final, 4 trabalhos foram identificados como relacionados. Nenhum deles propôs ontologias para analisar os comportamentos de cadeirantes, mas todos utilizaram ontologias relacionadas a cadeiras de rodas em algum momento da pesquisa.

Djaid [2016] contribuíram para a construção de um motor de fusão e fissão multimodal utilizando a Web Semântica. Os autores aplicaram o sistema multimodal a uma cadeira de rodas com um braço manipulável para ajudar pessoas com deficiência a interagir com seu principal meio de locomoção e com o ambiente ao redor. O trabalho focou na construção de um motor que compreende melhor as entradas multimodais, usando o conceito de ontologia e considerando o contexto.

O estudo de Hadjadj and Halimi [2021] apresentou uma arquitetura de Internet das Coisas (IoT) baseada em computação de borda e nuvem. Nessa abordagem, a cadeira de rodas inteligente atua como dispositivo de borda para monitoramento de saúde em tempo real, enquanto a nuvem processa casos complexos que exigem análises avançadas. Os autores desenvolveram um sistema seguindo essa arquitetura, utilizando a Web Semântica para unificar dados de diferentes fontes e garantir interoperabilidade. Além disso, eles integraram lógica *fuzzy* para aprimorar a precisão diagnóstica, lidando com imprecisão e incerteza no conhecimento.

Robles-Bykbaev [2016] apresentaram um sistema especialista capaz de inferir automaticamente diretrizes gerais de intervenção para crianças com deficiências e distúrbios de comunicação. O sistema é baseado em ontologias e implementa um ambiente da Web Semântica para fornecer vários serviços relacionados à recuperação de informações, geração de relatórios e inferência de estratégias de intervenção. Eles utilizaram informações clínicas de 152 casos reais de pacientes de Cuenca, Equador, e 1.005 elementos de informações de fonoaudiologia para alimentar a ontologia e validar o sistema.

Spoladore et al. [2024] desenvolveram um Sistema de Suporte à Decisão para ajudar terapeutas e profissionais clínicos no retorno ao trabalho de usuários de cadeiras de rodas. O sistema utiliza ontologias para representar a Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde, e a Rede de Informações Ocupacionais. Ele formaliza

as condições de saúde dos trabalhadores e os requisitos das funções. Com base nesses dados, o sistema avalia a compatibilidade entre trabalhador e ocupação. Como resultado, ele gera uma lista de empregos que maximizam as habilidades residuais dos trabalhadores.

A Tabela 3 apresenta uma análise comparativa entre a OntoDemer e trabalhos relacionados, com foco na avaliação das funcionalidades usando critérios como inferência, capacidades de consulta, validação e usabilidade em um sistema computacional.

Tabela 3. Comparação entre Trabalhos Relacionados e OntoDemer.

Trabalho	Inferência	Consulta	Validação	Usabilidade
Djaid [2016]	Não	Não	Não	Sim
Hadjadj and Halimi [2021]	Não	Não	Não	Sim
Robles-Bykbaev [2016]	Não	Não	Não	Sim
Spoladore et al. [2024]	Sim	Não	Sim	Sim
OntoDemer	Sim	Sim	Sim	Sim

O critério *inferência* verifica o uso de inferências na ontologia, permitindo descobrir relações entre entidades do domínio. O critério *consulta* avalia se a semântica de consulta é utilizada, possibilitando consultas à base de conhecimento. O critério *validação* analisa se a ontologia foi testada com dados reais ou simulados, indicando seu grau de avaliação. O critério *usabilidade* verifica se a ontologia foi aplicada como base de conhecimento em sistemas computacionais. A revisão da literatura não encontrou ontologias que inferissem comportamentos de cadeirantes relacionados a doenças. Os estudos selecionados usaram ontologias em modelos computacionais, mas não como a principal contribuição.

3. Metodologia

A metodologia para a criação da ontologia envolveu o mapeamento de conceitos relacionados aos comportamentos e doenças de usuários de cadeiras de rodas. Conforme proposto por Gruninger [1995], são necessárias perguntas para guiar o desenvolvimento do modelo e validar a ontologia. A Tabela 4 apresenta as seis Questões de Competência (CQs). Essas perguntas orientam a avaliação da ontologia apresentada na Seção 6, determinando se ela aborda adequadamente o domínio proposto. As perguntas, formuladas em linguagem natural, focam nos comportamentos relacionados ao uso de cadeiras de rodas no que diz respeito aos fatores de risco.

Tabela 4. Questões de Competência.

ID	Question
Q1	Quais são os riscos à saúde associados a um determinado comportamento?
Q2	A quais riscos à saúde um usuário de cadeira de rodas está suscetível?
Q3	Quais comportamentos aumentam a probabilidade de desenvolver um risco à saúde para um usuário de cadeira de rodas?
Q4	Quais comportamentos preventivos um usuário de cadeira de rodas deve adotar?
Q5	Quais riscos adicionais à saúde podem surgir como consequência de uma deficiência?
Q6	Quais atividades reduzem a probabilidade de grandes riscos à saúde, dada uma deficiência?

4. Ontologia OntoDemer

A ontologia inclui classes que englobam comportamentos associados a doenças consequentes, como escoliose, úlceras por pressão, trombose, infecção urinária, diabetes e bursite no ombro. Os dados para a ontologia foram coletados por meio de uma revisão de literatura e entrevistas com fisioterapeutas, usuários de cadeiras de rodas e outros membros da Associação Leme de Lesados Medulares do Rio Grande do Sul⁶.

A Figura 1 apresenta as classes e subclasses da ontologia, mostrando as relações entre comportamento, distúrbio físico e doença consequente. O desenvolvimento da ontologia tem como objetivo categorizar comportamentos, frequência e suscetibilidade a distúrbios físicos, resultando em novas correlações.

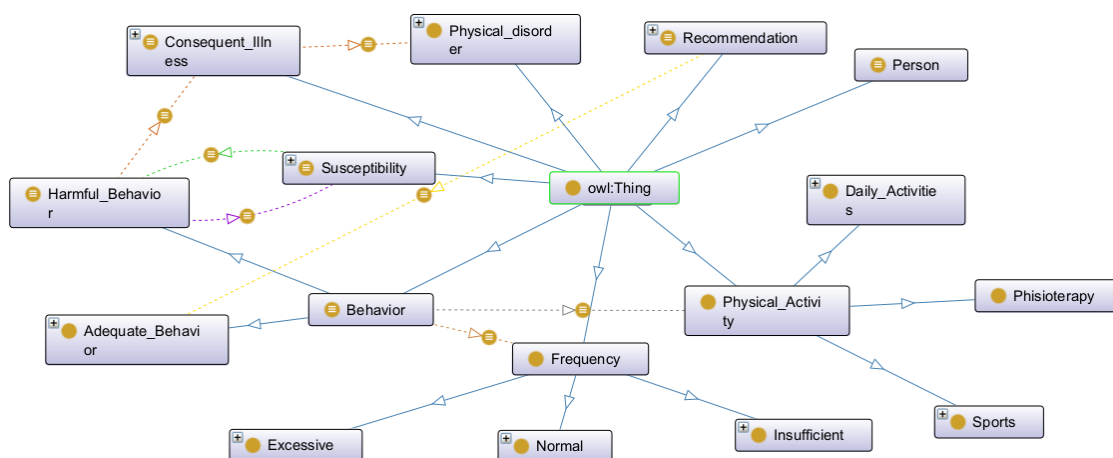


Figura 1. Classes da OntoDemer.

A Figura 2(a) apresenta a classe `PhysicalActivity` e suas subclasses, que abrangem as ações dos usuários de cadeiras de rodas. Essas atividades físicas podem incluir ações comuns, como movimentar-se, subir uma rampa ou lavar louça; ações de tratamento, como sessões de fisioterapia; e atividades esportivas, como basquete, tênis e corridas de cadeira de rodas.

A Figura 2(b) ilustra a frequência das atividades físicas representadas pela classe `Frequency`, que as classifica como insuficientes, normais ou excessivas. Os problemas de saúde que podem se desenvolver em usuários de cadeiras de rodas são definidos na classe `Consequent_Illness`. A classe `Behavior` é o resultado inferido de uma atividade física com uma frequência. O comportamento e o desempenho das atividades diárias pelos usuários de cadeiras de rodas são aspectos que podem ser medidos em termos de independência e eficiência. Abou and Rice [2022] observaram que compreender como os usuários de cadeiras de rodas realizam tarefas cotidianas, como comer, vestir-se ou usar o banheiro, pode ajudar a identificar suas necessidades de assistência ou adaptações.

Para a OntoDemer, um comportamento está associado a uma atividade e sua frequência. Esse comportamento possui uma suscetibilidade associada a uma doença consequente relacionada a um distúrbio físico. A OntoDemer infere os comportamentos de usuários de cadeiras de rodas com base em regras estabelecidas, classificando esses

⁶<http://www.leme.org.br/>

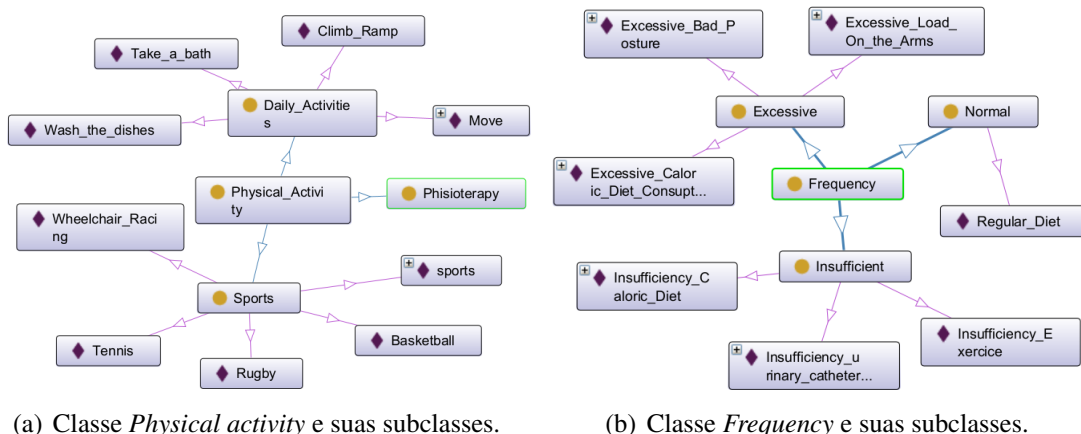


Figura 2. Classes, Subclasses e Entidades.

comportamentos. Assim, a classificação permite a identificação automática de doenças consequentes relacionadas a esses comportamentos.

Seguindo os trabalhos de Bavaresco et al. [2024] e Goetz et al. [2025], este estudo utiliza o software Protégé e a linguagem OWL para implementar a ontologia OntoDemer. A Tabela 5 apresenta as métricas da ontologia obtidas via Protégé após sua implementação, mostrando o número total de axiomas, classes, subclasses, propriedades e indivíduos na ontologia. Os axiomas são expressões lógicas que definem um conceito. As métricas de classes e subclasses representam o número de classificações encontradas na ontologia. As propriedades de objeto indicam as relações entre instâncias de duas classes.

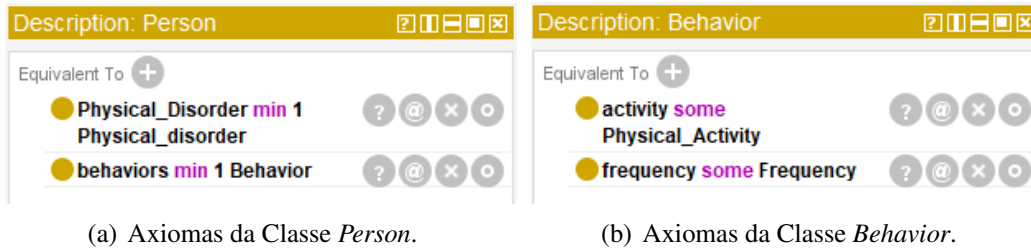
Tabela 5. Métricas do OntoDemer.

Métricas	Axiomas	Classes	Subclasses	Propriedades de Objeto
Valores	5	8	10	15

Os axiomas e as relações definidos para as classes permitem que a ontologia categorize instâncias automaticamente. A Figura 3(a) apresenta os axiomas de equivalência para a classe *Person*. Uma instância é classificada como uma pessoa quando possui pelo menos um comportamento e um distúrbio físico. A Figura 3(b) apresenta as duas equivalências que definem a classe *Behavior*. Uma instância é categorizada como um comportamento com base no usuário de cadeira de rodas realizando atividades físicas específicas e frequências.

Também foram desenvolvidos axiomas de equivalência para a subclasse *Harmful_behavior*, onde comportamento prejudicial está associado a uma doença consequente ou suscetibilidade, e para a classe *consequent_illness*, onde uma instância será classificada como uma doença consequente se estiver associada a um distúrbio físico. O axioma da classe *Susceptibility*, indica que uma suscetibilidade precisa ter algum comportamento prejudicial. O axioma de equivalência da classe *recommendation* indica que uma recomendação precisa de um comportamento adequado associado.

As propriedades de objeto definem as relações entre classes. A propriedade *has* é



(a) Axiomas da Classe *Person*.

(b) Axiomas da Classe *Behavior*.

Figura 3. Axiomas.

uma abstração genérica que correlaciona a classe genérica *Thing*; assim, uma instância da classe *Thing* possui a propriedade *has* para outra instância da classe *Thing*. A propriedade *do* serve como uma abstração genérica que correlaciona ações por meio de inferências utilizando a Linguagem de Regras da Web Semântica (SWRL). A Tabela 6 apresenta as inferências *Diet*, *Pressure_Relief* e *Sports*, que foi criada em SWRL para propor uma solução para uma pessoa com base em uma doença consequente.

Tabela 6. Inferências SWRL.

Nome	Consulta
Diet	Person(?p)^has(?p, Obesity) -> do(?p, Hypocaloric_Diet)
Pressure Relief	Person(?x)^has(?p, Pressure_Ulcers) -> do(?p, Pressure_Relief)
Sports	Person(?p)^has(?p, Obesity) -> do(?p, sports)

A classe *Behavior* possui quatro propriedades: a *activity*, que se conecta com as ações dos usuários de cadeiras de rodas; a *frequency*, que correlaciona com a frequência das ações; a *illness*, que correlaciona com doenças consequentes; e a *susceptibilities*, que relaciona a suscetibilidade associada a um comportamento com uma doença consequente. Uma pessoa possui duas propriedades: a primeira, *behaviors*, conecta uma pessoa aos comportamentos, e a segunda é *Physical_Disorder*, que atribui um distúrbio físico à pessoa. A *recommendations* conecta uma recomendação a uma doença consequente, e a *relatedIllness* corresponde a uma doença consequente a um distúrbio físico. Finalmente, *Results* conecta a classe *Frequency* à classe *Consequent_Illness*.

5. Cenário de Validação

Informações de 2 cadeirantes que participaram do trabalho de Barbosa et al. [2018] contribuíram para a criação dos cenários de validação. Os cenários descrevem os comportamentos dos usuários para que a *OntoDemer* possa realizar inferências utilizando os perfis criados. O primeiro participante se chama Paulo, tem paraplegia e foi cadastrado com o identificador *PWD_1*. O segundo participante é João, tem lesão medular e id *PWD_3*. As duas instâncias ilustram os perfis fictícios dos usuários de cadeiras de rodas, destacando seus diferentes comportamentos, distúrbios físicos e doenças consequentes.

O primeiro cenário focou no esforço excessivo nos braços e ombros, com o objetivo de inferir qual doença Paulo poderia desenvolver.

Cenário *PWD_1*: *Paulo é um estudante de mestrado em computação aplicada. Para chegar à universidade, ele viaja diariamente por uma rua inclinada, o que aumenta*

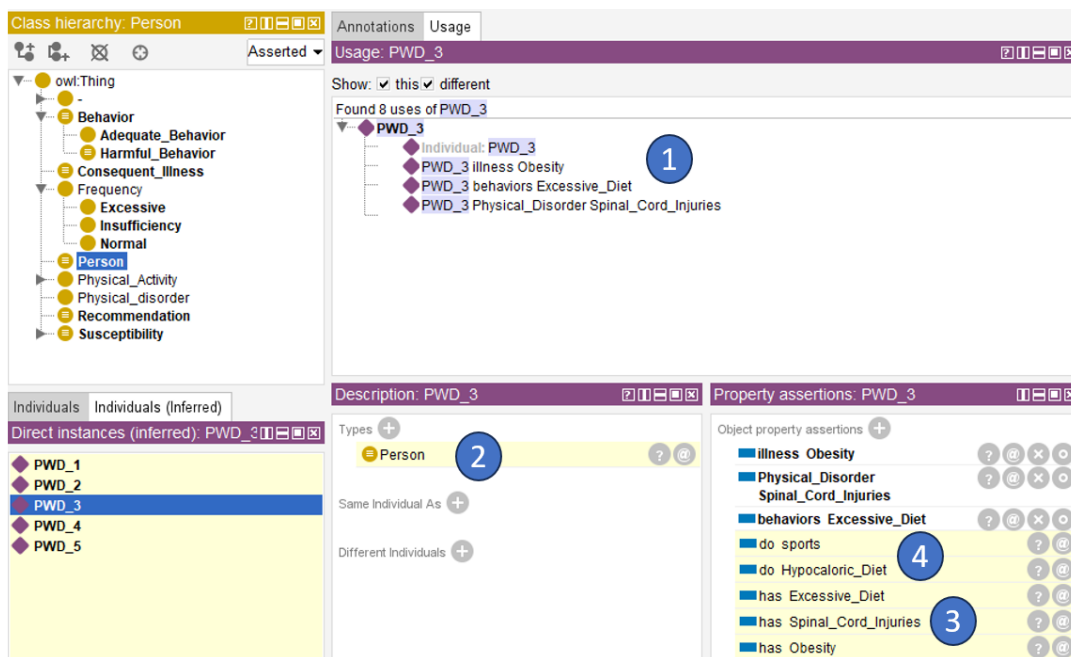


Figura 4. Resultados do Reasoner para o usuário João.

a carga sobre seus braços. Ao chegar, Paulo trabalha por horas em sua pesquisa sobre acessibilidade, movendo-se frequentemente pelo campus.

O segundo cenário tem como objetivo explorar as possíveis consequências de uma dieta inadequada e um estilo de vida sedentário em combinação com o uso de cadeira de rodas.

Cenário PWD_3: João, um estudante universitário, tem dificuldades em encontrar tempo para se exercitar e frequentemente depende de escolhas alimentares pouco saudáveis. Após começar a usar uma cadeira de rodas devido a uma lesão, João ganhou peso. Ele começou a ser monitorado com um smartwatch, que utiliza um sistema baseado na OntoDemer. Durante o período de monitoramento, o sistema detectou que o comportamento de João permaneceu inalterado, e ele continuou a seguir hábitos alimentares ruins.

A análise dos cenários de João e Paulo forneceram dados que foram utilizados pela ontologia como uma base de conhecimento. A aplicação desses cenários no Protégé permitiu que o sistema realizasse inferências e respondesse às perguntas de competência.

6. Resultados

A Figura 4 oferece uma visão geral do perfil de João. Os números indicam: (1) as doenças e comportamentos associados à amostra, (2) a classe Person atribuída pelo Reasoner, (3) as doenças inferidas pelo Reasoner e (4) as sugestões de comportamentos recomendados propostas pela ontologia. As QCs propostas na Tabela 4 avaliam se a ontologia atende ao domínio proposto. O raciocínio automático durante o processo de avaliação incluiu instâncias abrangendo doenças conseqüentes e distúrbios físicos.

A Figura 5(a) destaca os resultados da consulta para responder à QC1, com as principais descobertas marcadas em vermelho. Cada linha detalha um comportamento

específico e sua doença correspondente. Ao analisar o comportamento do usuário de cadeira de rodas, o sistema inferiu as condições de saúde relacionadas. A consulta retornou Diabetes, Obesidade e Trombose como associadas ao comportamento Excessive_Diet. Shang et al. [2023] indicaram que usuários de cadeiras de rodas são propensos ao ganho de peso, e o consumo excessivo de calorias associado a uma lesão na medula espinhal pode levar a várias condições de trombose.

O comportamento Inadequate_Load_on_the_Arms resulta em Shoulder_Bursitis. O comportamento Inadequate_Posture está associado a Pressure_Ulcers e Scoliosis. Além disso, o comportamento Inadequate_Urinary_Catheter_Hygiene está relacionado a Urinary_and_Bowel_Issues. O comportamento Insufficient_Diet também resulta em Pressure_Ulcers. Usuários de cadeira de rodas magros têm ossos proeminentes, o que intensifica a pressão em certos pontos.

A consulta específica realizada para Paulo confirmou a validade da questão CQ2, conforme ilustrado na Figura 5(b). Paulo tinha paraplegia, úlceras de pressão e comportamento de carga inadequada nos braços. A consulta destacada em azul fornece uma Person e um Behavior para buscar os resultados. Os resultados destacados pela caixa vermelha indicam que este paciente é altamente suscetível a bursite no ombro devido ao comportamento prejudicial de sobrecarga nos ombros.

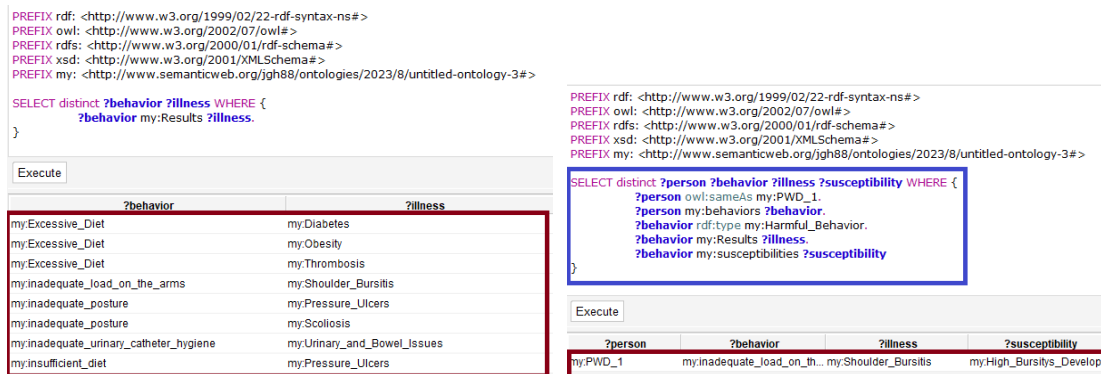


Figura 5. Resultados para as QC1 e QC2.

A Figura 6(a) exibe os resultados destacados pela caixa vermelha relacionados à questão QC3. Os resultados vêm da consulta, destacada em uma caixa azul, realizada para João, com foco em seus comportamentos prejudiciais. João foi descrito como tendo lesões na medula espinhal, obesidade e comportamento de dieta excessiva. O comportamento de manter uma dieta rica em calorias está associado ao desenvolvimento de obesidade, diabetes e trombose.

O mesmo usuário, João, é considerado para responder à questão QC4, conforme apresentado na Figura 6(b). A consulta na caixa azul busca a pessoa, focando em suas doenças para recuperar as recomendações. Nesta figura, a caixa vermelha indica os comportamentos preventivos que o usuário de cadeira de rodas deve adotar, com base em suas possíveis doenças consequentes, como praticar esportes e reduzir a ingestão calórica em sua dieta.

```

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX my: <http://www.semanticweb.org/jgh88/ontologies/2023/8/untitled-ontology-3#>

SELECT distinct ?person ?behavior ?illness ?susceptibility WHERE {
  ?person owl:sameAs my:PWD_3.
  ?person my:behaviors ?behavior.
  ?behavior rdf:type my:Harmful_Behavior.
  ?behavior my:Results ?illness.
  ?behavior my:susceptibilities ?susceptibility.
  ?susceptibility rdf:type my:High_Susceptibility
}

```

Execute

?person	?behavior	?illness	?susceptibility
my:PWD_3	my:Excessive_Diet	my:Diabetes	my:High_Thrombosis_Devel...
my:PWD_3	my:Excessive_Diet	my:Obesity	my:High_Thrombosis_Devel...
my:PWD_3	my:Excessive_Diet	my:Thrombosis	my:High_Thrombosis_Devel...
my:PWD_3	my:Excessive_Diet	my:Diabetes	my:High_Diabetes_Devel...
my:PWD_3	my:Excessive_Diet	my:Obesity	my:High_Diabetes_Devel...
my:PWD_3	my:Excessive_Diet	my:Thrombosis	my:High_Diabetes_Devel...

(a) Cenário de João responde a QC3.

```

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
prefix my: <http://www.semanticweb.org/jgh88/ontologies/2023/8/untitled-ontology-3#>

SELECT distinct ?person ?illness ?recommendation WHERE {
  ?person owl:sameAs my:PWD_3.
  ?person my:illness ?illness.
  ?person my:do ?recommendation
}

```

Execute

?person	?illness	?recommendation
my:PWD_3	my:Obesity	my:sports
my:PWD_3	my:Obesity	my:Hypocaloric_Diet

(b) Cenário de João responde a QC4.

Figura 6. Resultados para as QC3 e QC4.

A Figura 7(a) ilustra as doenças secundárias associadas a um distúrbio físico específico. Para responder à questão QC5, a análise selecionou a paraplegia como exemplo representativo e destacou as doenças associadas na caixa vermelha. Os resultados revelam doenças específicas da paraplegia, como *Shoulder_Bursitis*, junto com condições comuns a outros distúrbios físicos, como *Diabetes* e *Pressure_Ulcers*. A Figura 7(b) destaca, dentro da caixa vermelha, as recomendações voltadas para a prevenção de doenças subsequentes, abordando a última QC. Para a obesidade, a recomendação é seguir uma dieta com deficit calórico. Nos casos em que úlceras de pressão se desenvolvem, a recomendação é realizar exercícios de alívio de pressão.

```

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX my: <http://www.semanticweb.org/jgh88/ontologies/2023/8/untitled-ontology-3#>

SELECT distinct ?disorder ?illness WHERE {
  ?disorder owl:sameAs my:Paraplegia.
  ?illness my:relatedIllness ?disorder
}

```

Execute

?disorder	?illness
my:Paraplegia	my:Diabetes
my:Paraplegia	my:Pressure_Ulcers
my:Paraplegia	my:Scoliosis
my:Paraplegia	my:Shoulder_Bursitis
my:Paraplegia	my:Thrombosis
my:Paraplegia	my:Urinary_and_Bowel_Issues

(a) Resultados para QC5.

```

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX my: <http://www.semanticweb.org/jgh88/ontologies/2023/8/untitled-ontology-3#>

SELECT distinct ?illness ?recommendation WHERE {
  ?illness my:recommendations ?recommendation.
}

```

Execute

?illness	?recommendation
my:Obesity	my:Hypocaloric_Diet
my:Pressure_Ulcers	my:Pressure_relief

(b) Resultados para QC6.

Figura 7. Resultados para as QC5 e QC6.

7. Discussão

Os resultados mostraram a viabilidade de inferir problemas de saúde ao analisar o comportamento dos usuários de cadeira de rodas. Paulo sobrecarrega continuamente seus braços devido aos seus movimentos pela universidade, levando a OntoDemer a inferir que esse esforço excessivo resultará em bursite. Sabendo que ele pode desenvolver bursite, Paulo pode modificar seu comportamento utilizando os sistemas desenvolvidos por Barbosa et al. [2018] e Tavares et al. [2015] para encontrar uma rota que simplifique o deslocamento.

Com as informações inferidas pela OntoDemer, João confirmou que sua dieta inadequada levará a problemas de saúde que podem ser evitados se ele mudar seus compor-

tamentos. A ontologia sugere que João pratique esportes e mantenha um deficit calórico para prevenir o desenvolvimento das doenças inferidas. Este estudo enfrentou desafios ao investigar os comportamentos dos usuários de cadeiras de rodas e as doenças associadas devido à escassez de dados específicos. O estudo envolveu a participação de apenas um fisioterapeuta, especializado na área, limitando a análise das condições resultantes desses comportamentos. Além disso, a falta de ontologias específicas sobre os comportamentos dos usuários de cadeiras de rodas dificultou a pesquisa, inviabilizando fazer comparações mais robustas com outros estudos.

8. Conclusão

Este artigo propõe uma ontologia chamada OntoDemer, projetada para inferir comportamentos de usuários de cadeiras de rodas relacionados a doenças associadas a distúrbios físicos. OntoDemer serve como um modelo de conhecimento para sistemas que monitoram os hábitos comportamentais dos usuários de cadeiras de rodas. Ao modelar esses comportamentos, a ontologia possibilita inferências sobre doenças consequentes e fornece uma representação estruturada das entidades.

A avaliação realizada por meio das perguntas de competência guiou a obtenção dos resultados. O processo de raciocínio utilizou os axiomas e as propriedades de objeto para executar as inferências, classificando automaticamente as instâncias nas classes. OntoDemer identificou os comportamentos dos usuários de cadeiras de rodas através de consultas realizadas em sua base de instâncias.

Em trabalhos futuros, a OntoDemer será configurada como parte de um modelo de conhecimento para um sistema computacional a ser implementado em uma plataforma de suporte à decisão para acompanhamento de usuários de cadeiras de rodas, podendo ser avaliada em um cenário com um conjunto de dados maior, envolvendo um número mais significativo de usuários. Além disso, pretende-se expandir a ontologia para acompanhamento de riscos de saúde mental em cadeirantes, tendo como base os estudos Heckler et al. [2023] e Heckler et al. [2025].

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001 pelo apoio ao desenvolvimento desse trabalho. Os autores reconhecem especialmente o apoio da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), da Universidade Feevale e da Freedom Veículos Elétricos.

Referências

- Abou, L. and Rice, L. A. (2022). The associations of functional independence and quality of life with sitting balance and wheelchair skills among wheelchair users with spinal cord injury. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 47(3):361–368.
- Barbosa, J., Tavares, J., Cardoso, I., Alves, B., and Martini, B. (2018). Trailcare: An indoor and outdoor context-aware system to assist wheelchair users. *International Journal of Human-Computer Studies*, 116:1–14.
- Bavaresco, R., Ren, Y., Barbosa, J., and Li, G. (2024). An ontology-based framework for worker’s health reasoning enabled by machine learning. *Computers amp; Industrial Engineering*, 193:110310.

- Dias, L. P. S., Damasceno Vianna, H., Heckler, W., and Luis Victória Barbosa, J. (2024). Identificando comportamentos de risco para doenças crônicas: Uma abordagem baseada em ontologia. *iSys - Brazilian Journal of Information Systems*, 17(1).
- Djaid, Nadia Touileb e Saadia, N. e. R.-C. A. (2016). Fission engine for an ambient assistance robot based on the ontology concept. *Procedia Computer Science*, 83:457–464.
- Goetz, C., Simon Bavaresco, R., Heckler, W. F., Lazarotto Schroeder, G., Kunst, R., and Barbosa, J. L. V. (2025). Ontokaire: an ontology-based reasoning for work-related stressors in industrial settings. *JUCS - Journal of Universal Computer Science*, 31(5):445–468.
- Gruninger, M. (1995). Methodology for the design and evaluation of ontologies. In *International Joint Conference on Artificial Intelligence*.
- Hadjadj, A. and Halimi, K. (2021). Improving health disabled people through smart wheelchair based on fuzzy ontology. In *2021 8th International Conference on Internet of Things: Systems, Management and Security (IOTSMS)*, page 1–6. IEEE.
- Heckler, W. F., Feijó, L. P., de Carvalho, J. V., and Barbosa, J. L. V. (2023). Thoth: An intelligent model for assisting individuals with suicidal ideation. *Expert Systems with Applications*, 233:120918.
- Heckler, W. F., Feijó, L. P., de Carvalho, J. V., and Barbosa, J. L. V. (2025). Digital phenotyping for mental health based on data analytics: A systematic literature review. *Artificial Intelligence in Medicine*, 163:103094.
- Hoffmann, J. G. d. S., Heckler, W. F., Real, R., and Barbosa, J. L. V. (2025). Machine learning applications for wheelchair user well-being: a systematic literature review and taxonomy. *Universal Access in the Information Society*.
- Li, Y., Li, F. M., and Carrington, P. (2023). Breaking the “inescapable” cycle of pain: Supporting wheelchair users’ upper extremity health awareness and management with tracking technologies. In *Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI ’23. ACM.
- Pereira, R. and Baranauskas, M. C. (2017). *Systemic and Socially Aware Perspective for Information Systems*, page 148–160. SBC.
- Robles-Bykbaev, Vladimir E. e Guaman-Murillo, W. e. Q.-P. D. e. L.-N. M. e. P.-A. J. J. e. G.-D. J. (2016). An ontology-based expert system to generate therapy plans for children with disabilities and communication disorders. In *2016 IEEE Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM)*. IEEE.
- Shang, Z., Wanyan, P., Zhang, B., Wang, M., and Wang, X. (2023). Incidence and risk factors of deep vein thrombosis in patients with spinal cord injury: a systematic review with meta-analysis. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 10.
- Spoladore, D., Negri, L., Arlati, S., Mahroo, A., Fossati, M., Biffi, E., Davalli, A., Trombetta, A., and Sacco, M. (2024). Towards a knowledge-based decision support system to foster the return to work of wheelchair users. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 24:374–392.
- Tavares, J., Barbosa, J., Cardoso, I., Costa, C., Yamin, A., and Real, R. (2015). Hefestos: an intelligent system applied to ubiquitous accessibility. *Universal Access in the Information Society*, 15(4):589–607.