

Estendendo a IHC para HInt à Luz da Engenharia Semiótica

Glívia Angélica Rodrigues Barbosa^{1,2}, Raquel Oliveira Prates²

¹Departamento de Computação – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
Belo Horizonte – MG – Brasil

²Departamento de Ciência da Computação – Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte – MG – Brasil

glivia@cefetmg.br, rprates@dcc.ufmg.br

Abstract. *Human-Computer Integration (HInt) is an emerging paradigm in the HCI area, which characterizes the relationship between humans and technologies as a partnership, in addition to interaction. This paradigm offers new challenges for the HCI field, including demands for reviewing and proposing theories and methods to consolidate and evolve HInt within HCI. Thus, this research aims to explore the HInt challenges in the light of Semiotic Engineering so that this theory can also cover HInt as an HCI paradigm. As contributions, we aim to provide a theoretical framework to explore and explain the phenomena involved in HCI with a lens on HInt.*

Resumo. *A Integração Humano-Computador (HInt) é um paradigma emergente da área de IHC, que caracteriza a relação entre humanos e tecnologias como uma parceria, além da interação. Esse paradigma oferece novos desafios para IHC, incluindo demandas de revisão e proposição de teorias e métodos para consolidar e evoluir a HInt no âmbito de IHC. Assim, esta pesquisa visa explorar os desafios do HInt à luz da Engenharia Semiótica para que essa teoria também possa abranger a HInt como um paradigma de HCI. Como contribuições, pretendemos fornecer um arcabouço teórico para explorar e explicar os fenômenos envolvidos na IHC com uma lente na HInt.*

1. Introdução

A ascensão de tecnologias proativas e autônomas está estendendo e evoluindo a “Era” da Interação para a “Era” da Integração Humano-Computador [Farooq and Grudin 2016][Mueller et al. 2020]. Nessa nova “Era”, humanos e tecnologias se integram fisicamente e/ou conceitualmente e se tornam parceiros codependentes com autonomia para cooperar e colaborar entre si para atingir objetivos em comum [Farooq and Grudin 2016].

Na “Era” da Integração Humano-Computador a relação entre humanos e tecnologias é caracterizada como uma parceria que se estende da interação para a integração (i.e., existe um *continuum* da interação à integração) [Farooq and Grudin 2016][Mueller et al. 2020]. Por essa razão, além de uma nova “Era”, a Integração Humano-Computador (HInt) (do inglês *Human-Computer Integration* também referenciado pela sigla: *HInt*) passou a ser definida e caracterizada como um paradigma emergente que estende a área de Interação Humano-Computador (IHC) e as soluções que seguem esse paradigma são chamadas de *Tecnologias de*

HInt ou *Tecnologias Parceiras*. Entre os exemplos de Tecnologias de HInt, é possível citar: Smart eBike; Despertador Inteligente; Smart Band; e Carro Semiautônomo [Farooq and Grudin 2016][Mueller et al. 2020][Barbosa et al. 2021].

O paradigma da Integração Humano-Computador (HInt) oferece novos desafios para a área de IHC, incluindo as demandas por revisar, adaptar e propor teorias e métodos para que o projeto e a avaliação das tecnologias parceiras sejam centrados tanto na interação, quanto na integração [Farooq and Grudin 2016][Mueller et al. 2020][Barbosa et al. 2021]. Por se tratar de um paradigma emergente, as demandas por abordagens teóricas que estendam a IHC para a HInt podem ser exploradas em diferentes perspectivas [Mueller et al. 2020][Barbosa et al. 2021], inclusive no âmbito da Engenharia Semiótica.

A Engenharia Semiótica (EngSem) é uma teoria explicativa que nos fornece uma ontologia, epistemologia e metodologia para explorar e entender os fenômenos de IHC [de Souza 2005]. Pesquisas anteriores mostraram que as definições e os métodos da EngSem se aplicam (sem ou com adaptações) a diferentes tipos de tecnologias, contextos ou domínios (e.g.[Reis and Prates 2011][Chagas et al. 2019]). A partir dessas evidências, é possível levantar a hipótese de que, se a EngSem pode ser utilizada para explorar e entender a IHC, considerando diferentes contextos/domínios de interação, essa é uma teoria candidata a auxiliar na exploração e compreensão dos fenômenos interativos que ocorrem na HInt. Essa hipótese abre espaço para que se investigue a aplicabilidade e limitações dos conceitos, métodos e das ferramentas da EngSem para explorar e explicar a HInt no âmbito de IHC [Barbosa et al. 2021]. Tais iniciativas podem contribuir com: (1) avanços na consolidação da HInt como um paradigma de IHC e (2) novas evidências de que a EngSem é uma teoria que se aplica a diferentes: tipos de tecnologias, domínios/contextos de uso e paradigmas de IHC.

Assim, esse projeto de pesquisa é uma iniciativa em direção a extensão da IHC para a HInt à luz da EngSem, cujo objetivo é analisar a aplicabilidade e estender e/ou propor conceitos, definições e métodos fundamentados na EngSem para que essa teoria também possa abordar a IHC com uma lente na HInt. Esta pesquisa é relevante porque visa fornecer uma extensão da EngSem para que seja possível estruturar, explorar e explicar os fenômenos envolvidos no *design*, uso e na avaliação de tecnologias parceiras. Além disso, este projeto de pesquisa se justifica pelo fato de seus objetivos e suas potenciais contribuições estarem alinhados com as iniciativas esperadas (i.e., previstas) para explorar e solucionar os desafios relacionados às demandas por abordagens teóricas que auxiliem no *design* e avaliação da HInt no âmbito de IHC [Mueller et al. 2020][Barbosa et al. 2021].

2. Fundamentação Teórica

Esta seção apresenta os conceitos relacionados à esta proposta.

2.1. Paradigma da HInt

A Integração Humano-Computador (HInt) é um paradigma emergente que estende a área de IHC e caracteriza a relação entre humanos e tecnologias como uma integração (ou parceria), além da interação. Na perspectiva desse paradigma, usuários e tecnologias são parceiros codependentes e possuem algum nível de autonomia para cola-

borar entre si em prol de objetivos comuns. Assim, as soluções tecnológicas que seguem esse paradigma são chamadas de **Tecnologias de HInt** ou **Tecnologias Parceiras** [Mueller et al. 2020][Barbosa et al. 2021].

A parceria entre humanos e tecnologias pode ocorrer de diferentes formas, por isso, a integração pode ser caracterizada em termos de: (1) **Agente no Controle da HInt** (i.e., Controle majoritariamente humano; Controle igualmente compartilhado ou Controle majoritariamente tecnológico); (2) **Nível da HInt** (i.e., Social, Individual ou Órgão); (3) **Tipo de HInt** (i.e., Fusão e/ou Simbiose) e (4) **Tipo de Acoplamento Físico** (i.e., In-Body, On-Body e Off-Body) [Farooq and Grudin 2016][Mueller et al. 2019][Mueller et al. 2020][Barbosa et al. 2021]. É importante ressaltar que, para que a integração se caracterize como uma parceria, ambos os agentes precisam controlar a integração em algum nível, mesmo que minimamente [Mueller et al. 2020][Barbosa et al. 2021].

Existe um *continuum* da interação à integração, i.e., para que a parceria entre usuário e tecnologias aconteça é preciso que haja interação. Portanto, a integração estende, mas não substitui a interação humano-computador [Farooq and Grudin 2016][Barbosa et al. 2021]. Por se tratar de um paradigma emergente, a HInt oferece novas oportunidades e desafios para a área de IHC, incluindo as demandas por revisar, adaptar e propor abordagens empíricas e teóricas para que o projeto e a avaliação das Tecnologias de HInt sejam centrados tanto na interação, quanto na integração entre humanos e tecnologias [Farooq and Grudin 2016][Mueller et al. 2019][Mueller et al. 2020][Barbosa et al. 2021]. Motivado por essas demandas, o foco deste projeto de pesquisa é revisar e ampliar o escopo da EngSem [de Souza 2005] para HInt.

2.2. Teoria da Engenharia Semiótica

A Teoria da Engenharia Semiótica (EngSem) é uma teoria explicativa e reflexiva de IHC, que nos permite explorar e entender os fenômenos envolvidos no projeto, uso e avaliação de tecnologias interativas [de Souza 2005]. Na perspectiva dessa teoria, a interface de uma tecnologia interativa é um tipo especial de comunicação, unidirecional e indireta, do projetista para seus usuários. Por meio da interface, o projetista transmite aos usuários sua compreensão e suas decisões sobre: a quem a tecnologia se destina; que problemas ela pode resolver e como interagir com a tecnologia. O usuário compreende a mensagem à medida que interage com a interface [de Souza 2005]. Desse modo, na visão da EngSem, a interação entre usuários e tecnologias é um **processo comunicativo** mediado pela tecnologia interativa [de Souza 2005].

Para a EngSem, a comunicação projetista-usuário é conhecida como **metacomunicação** e a mensagem sendo transmitida como **metamensagem** [de Souza 2005]. A comunicação é bem-sucedida se os usuários conseguem gerar interpretações compatíveis com as intenções e significados que o projetista codificou na interface [de Souza 2005]. Portanto, a qualidade da *Metacomunicação Projetista-Usuário* vai impactar na qualidade da interação (comunicação) do usuário com a tecnologia [de Souza 2005]. Dessa forma, a **comunicabilidade** [de Souza 2005][de Souza and Leitão 2009] é a propriedade que qualifica esse tipo especial de comunicação entre projetistas e usuários. Para a EngSem, a comunicabilidade

é uma propriedade (i.e., atributo de qualidade) de tecnologias interativas que comunicam aos seus usuários – de forma organizada e clara - as intenções e princípios que guiaram o seu *design* e, além disso, essa comunicação consegue atingir o resultado desejado [de Souza 2005][de Souza and Leitão 2009].

A EngSem nos fornece uma ontologia que define as categorias e os elementos que, juntos, conceitualizam e caracterizam a IHC como um processo comunicativo. Essa ontologia visa auxiliar os profissionais e pesquisadores no estudo, projeto e avaliação de tecnologias interativas centrados na comunicação [de Souza 2005]. Além disso, essa teoria fornece ferramentas epistêmicas (e.g., Modeling Language for Interaction as Conversation (MoLIC), Método de Inspeção Semiótica (MIS) e Método de Avaliação de Comunicabilidade (MAC) [de Souza and Leitão 2009]), que ajudam os projetistas à: (1) refletir sobre os impactos de suas decisões de *design* na experiência do usuário, bem como (2) experimentar e avaliar a qualidade da comunicação das soluções tecnológicas propostas e/ou existentes [de Souza 2005][de Souza and Leitão 2009].

Considerando o exposto, a EngSem fornece conceitos, ontologia, ferramentas e métodos para explorar e estruturar uma explicação para os fenômenos envolvidos no projeto, uso e avaliação de tecnologias interativas [de Souza 2005]. Segundo de Souza [de Souza 2005], a partir desse arcabouço teórico, estruturas e modelos de aspectos particulares de IHC podem ser derivados. Nesse sentido, uma vez que a HInt é um caso particular de interação que se estende para uma parceria entre usuários e tecnologias [Farooq and Grudin 2016][Mueller et al. 2020][Barbosa et al. 2021], o presente trabalho busca estender a IHC para a HInt à luz da EngSem.

3. Trabalhos Relacionados

Por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura (SLR) [Barbosa et al. 2021][Barbosa et al. 2022], não foram identificados estudos direcionados para a revisão e propostas de abordagens teóricas para a HInt no âmbito de IHC. A carência de trabalhos nessa linha de investigação, bem como a possibilidade de explorá-la em diferentes perspectivas teóricas de IHC [Farooq and Grudin 2016][Mueller et al. 2020][Barbosa et al. 2021], motivam a realização desta pesquisa, que busca explorar a HInt à luz da Teoria da Engenharia Semiótica (EngSem).

Existem trabalhos na literatura que focam em analisar a aplicabilidade, adaptar e/ou estender os conceitos e métodos da EngSem para diferentes tipos de tecnologias, contextos ou domínios (e.g. [de Souza 2005][Oliveira et al. 2008][Maués and Barbosa 2013][Chagas et al. 2019]). Por exemplo, foram encontradas iniciativas que estenderam o conteúdo da *Metacomunicação Projetista-Usuário* para contemplar as particularidades de sistemas: (1) Colaborativos [de Souza 2005], Customizáveis [de Souza 2005] e (3) Educacionais [Oliveira et al. 2008].

Na linha de trabalhos que abordam os métodos fundamentados na EngSem, existem estudos que evidenciam e discutem os benefícios e as limitações do Método de Inspeção Semiótica (MIS) [de Souza and Leitão 2009] para: (1) Gerar conhecimento científico e avançar no estado da arte de IHC [de Souza et al. 2010] e (2) Avaliar a proposta de *design* de tecnologias que são utilizadas em diferentes contextos e

domínios (e.g., Sistemas Colaborativos, Sistemas Educacionais e Interfaces Humano-Robô) [Reis and Prates 2011]. Além disso, existem iniciativas que adaptaram o MIS para: (1) Avaliar a qualidade da metacomunicação nas visões do Especialista em IHC e de outro Stakeholder especialista no domínio da tecnologia em avaliação (i.e., MISI [Oliveira et al. 2008]) e (2) Avaliar tanto a emissão da metamensagem, quanto a qualidade dessa metacomunicação traduzida por Leitores de Tela (i.e., MIS-LT [Carvalho et al. 2019]). Ainda nessa linha, existe o MAC-G, uma adaptação do Método de Avaliação de Comunicabilidade (MAC) para avaliar a qualidade da metacomunicação na perspectiva dos usuários de Sistemas Colaborativos [Mattos and Prates 2011].

Quanto aos trabalhos que estenderam os conceitos para que a EngSem pudesse abranger as particularidades de novos tipos de tecnologias e paradigmas de IHC, Maués and Barbosa [Maués and Barbosa 2014] apresentam o conceito de *Comunicabilidade Cruzada* (do inglês: *Cross-communicability*). Esse conceito refere-se a propriedade que qualifica a *Metacomunicação completa* de um sistema multiplataformas (i.e., mesmo sistema que pode ser acessado por meio de diferentes dispositivos), considerando: (a) todas as suas versões e (b) a travessia (o revezamento) do usuário entre as diferentes plataformas. Além desse novo conceito, Maués and Barbosa [Maués and Barbosa 2014] propõem o *Cross-Platform Semiotic Inspection Method (CP-SIM)*, uma extensão do Método de Inspeção Semiótica (MIS) para avaliar a *Comunicabilidade Cruzada* de tecnologias multiplataformas [Maués and Barbosa 2014]. Por sua vez, Chagas et al. [Chagas et al. 2019] ampliam o escopo da EngSem para contemplar as especificidades (e.g., múltiplos dispositivos e interação multifacetada) das Tecnologias de Internet das Coisas (IoT). Os autores apresentam: (1) uma descrição semiótica para caracterizar o processo de incorporar as tecnologias de IoT no ambiente e nas práticas humanas e (2) a proposta de dois atributos de qualidade para tecnologias de IoT: (a) *Consistência entre interfaces* e (b) *Coerência entre dispositivos*. Esses resultados buscam auxiliar no futuro *design* e avaliação de tecnologias de IoT focados na comunicabilidade e nas novas qualidades de uso propostas nesses trabalhos [Chagas et al. 2019].

Os estudos apresentados nesta seção adaptaram/estenderam os conceitos e métodos da EngSem para diferentes tipos de tecnologias e contextos de uso. Entretanto, esses estudos não abordaram a EngSem para caracterizar os fenômenos interativos que ocorrem na HInt. É importante ressaltar que, a parceria entre humanos e tecnologias pode ocorrer em diferentes contextos e domínios, inclusive naqueles em que a aplicabilidade da EngSem já foi investigada (e.g., Colaborativo e Educacional). Além disso, um subconjunto de Tecnologias de HInt pode ser caracterizado como: sistemas multiplataformas ou tecnologias de IoT. Contudo, o paradigma da HInt: (1) não se limita aos tipos de tecnologias, contextos e domínios anteriormente explorados; e (2) apresenta particularidades (e.g., nível de autonomia dos agentes da HInt e tipo de HInt) que podem influenciar no processo comunicativo que ocorre durante a parceria entre humanos e tecnologias [Farooq and Grudin 2016][Mueller et al. 2020][Barbosa et al. 2021]. Portanto, o presente trabalho se difere e estende as contribuições das iniciativas anteriores por expandir a EngSem para que essa teoria também possa abordar a IHC com uma lente na HInt.

4. A Proposta e Resultados Esperados

O principal objetivo desse projeto de pesquisa é explorar a demanda de revisar, adaptar e propor abordagens teóricas de IHC para HInt à luz da EngSem. Por meio dessa pesquisa, espera-se fornecer e/ou propor conceitos, definições e métodos fundamentados na EngSem para que essa Teoria de IHC também possa abranger o paradigma da HInt.

Para atingir esse propósito, os objetivos específicos desse projeto são: (1) Caracterizar o paradigma da HInt no âmbito de IHC, bem como seus desafios em aberto relacionados as demandas por abordagens teóricas para que o projeto, o uso e a avaliação das tecnologias parceiras sejam centrados tanto na interação, quanto na integração humano-computador; (2) Analisar a aplicabilidade e estender os conceitos (e.g., metacomunicação e comunicabilidade) e a ontologia da EngSem para conceitualizar e caracterizar a HInt como um paradigma de IHC; (3) Analisar a aplicabilidade e: (a) adaptar métodos da EngSem (e.g., MIS) ou (b) propor novos métodos fundamentados nessa teoria para apoiar no *design* e na avaliação de tecnologias parceiras.

Desse modo, em termos de resultados esperados, esta pesquisa prevê: (1) uma extensão da EngSem para explorar e explicar os fenômenos envolvidos no *design*, uso e na avaliação de tecnologias de HInt e (2) avanços na consolidação da HInt como um paradigma de IHC, uma vez que esse paradigma emergente poderá ser explorado em uma perspectiva teórica.

5. Metodologia da Pesquisa

Para atingir o propósito desta pesquisa, a seguinte questão de pesquisa será investigada: *(QP) Os conceitos, a ontologia e os métodos fundamentados na Teoria da Engenharia Semiótica podem ser utilizados para explicar e explorar os fenômenos da HInt no âmbito de IHC?* Essa questão será explorada por meio das seguintes questões específicas: *(QE1) Como a HInt se relaciona com a IHC e quais são suas implicações para a área de IHC?; (QE2) Os conceitos e a ontologia da EngSem se aplicam para conceitualizar e caracterizar a HInt no âmbito de IHC? Se sim, demandam por adaptações? Se não, quais são suas limitações?; e (QE3) Métodos fundamentados na EngSem podem apoiar o projeto e a avaliação de tecnologias parceiras?*

A metodologia para responder essas questões consiste em uma abordagem qualitativa [Leitão and Prates 2017] dividida em 5 Etapas. A **Etapa 1**, já concluída, consistiu na caracterização do paradigma da HInt no âmbito de IHC e dos desafios que esse paradigma emergente oferece para a área. Essa etapa foi conduzida por meio de uma revisão sistemática de literatura (do inglês, *Systematic Review Literature (SLR)*) [Kitchenham 2004] e nos permitiu responder a *QE1*. A **Etapa 2**, já concluída, consistiu em revisar e apresentar uma proposta de extensão dos conceitos e da ontologia da EngSem para que essa teoria também possa ser utilizada para conceitualizar e caracterizar a IHC com uma lente na HInt. Para isso, inicialmente, foram realizados um levantamento e uma caracterização de exemplos de Tecnologias de HInt identificados por meio da SLR. Na sequência, foi realizada uma análise dessas tecnologias parceiras à luz dos conceitos da EngSem e da sua ontologia. A partir dessa etapa foi possível explorar e responder a *QE2* e propor extensões para que a EngSem possa ser utilizada como base teórica para explorar e explicar os fenômenos da HInt na perspectiva de IHC.

Por sua vez, a **Etapa 3** consiste em analisar a aplicabilidade de métodos fundamentados na EngSem para auxiliar no estudo, projeto e avaliação de tecnologias que seguem o paradigma da HInt. Nessa etapa, em andamento, está sendo conduzido um estudo com o MIS - um dos métodos mais consolidados da EngSem [Reis and Prates 2011] - para que seja possível identificar e analisar a aplicabilidade e limitações desse método para avaliar a comunicabilidade de tecnologias parceiras. Na **Etapa 4**, a partir dos resultados da etapa 3, será apresentada uma proposta de adaptação/extensão ou um novo método, com base na EngSem, para apoiar no estudo, projeto e avaliação de tecnologias de HInt. Finalmente, na **Etapa 5**, o método adaptado/proposto será avaliado na perspectiva de profissionais e/ou pesquisadores de IHC para que seja possível delinear seus benefícios e suas limitações para auxiliar na exploração e explicação dos fenômenos envolvidos na IHC com uma lente na HInt.

6. Resultados Parciais da Pesquisa

Os primeiros resultados desta pesquisa correspondem a (*QE1*): Caracterização do estado atual de conhecimento sobre a HInt, em termos: (1) da sua definição e relação com a área de IHC, (2) das iniciativas que estão abordando esse paradigma emergente e (3) dos desafios e oportunidades que HInt oferece para IHC. Esses resultados, obtidos por meio de uma SLR, revelaram que a HInt é um paradigma de IHC em ascensão, que se tornou um tema de interesse em eventos e fóruns relevantes para a Comunidade de IHC (e.g., ACM CHI [Mueller et al. 2020]). Até o momento, as iniciativas relacionadas a HInt se concentram em conceitualizá-la, bem como levantar reflexões e questões (e.g., agenda de desafios) para direcionar futuras iniciativas acerca da HInt no âmbito de IHC. Portanto, ainda há um grande espaço para estudos que contribuam com a evolução e explorem a aplicabilidade e as limitações da IHC com uma lente na HInt. Esses resultados foram parcialmente publicados em Barbosa et al. [Barbosa et al. 2021] e os resultados e contribuições completos da nossa SLR estão em processo de revisão em um periódico internacional [Barbosa et al. 2022].

Outro resultado desta pesquisa corresponde a (*QE2*): Reflexões sobre a aplicabilidade e uma proposta de extensão dos conceitos e da ontologia da EngSem para abranger a HInt no âmbito de IHC. Por meio de uma análise de exemplos de tecnologias de HInt à luz dos conceitos da EngSem, foi possível identificar que esse tipo de tecnologia possui particularidades que permitem descrevê-las como um caso especial de IHC. Por essa razão, o arcabouço teórico da EngSem pode ser ampliado para estruturar e caracterizar os processos de *design* e comunicação da HInt, considerando as particularidades desse paradigma emergente que transcendem a interação. A partir dessa observação, este trabalho apresentou: (1) Pontos de reflexão acerca de quais conceitos da EngSem e sua ontologia poderiam ser estendidos para melhor caracterizar a HInt no âmbito de IHC; e (2) Uma proposta de extensão da ontologia, do conteúdo da metacomunicação e da definição de comunicabilidade para que a EngSem também possa ser utilizada para caracterizar a HInt. Esses resultados são essenciais para fundamentar futuras investigações sobre a aplicabilidade e necessidade de extensão de métodos e modelos da EngSem para HInt.

7. Contribuições Esperadas

A Integração Humano-Computador (HInt) é um paradigma emergente de IHC e ainda pouco explorado. Desse modo, este projeto de pesquisa visa contribuir para o avanço

no conhecimento e a evolução da IHC com uma lente HInt. Os resultados parcialmente alcançados somados aos resultados esperados buscam fornecer uma base teórica (e.g., conceitos, ontologia e métodos), fundamentada na EngSem, para estruturar, explorar e explicar os fenômenos envolvidos no projeto, uso e avaliação da HInt no âmbito de IHC. Considerando que um dos desafios da HInt é a necessidade de abordagens teóricas para fundamentar o estudo, o projeto e a avaliação das tecnologias parceiras centrados tanto na interação, quanto na integração humano-computador, nossas contribuições esperadas fornecem uma lente teórica para que profissionais e pesquisadores de IHC possam: (1) Explorar os benefícios e as limitações da HInt na perspectiva de IHC e (2) Contribuir com a consolidação e evolução da HInt como um paradigma de IHC.

Em termos de EngSem, este trabalho visa fornecer *insights* e reflexões úteis para que a Comunidade de IHC avance no conhecimento sobre a aplicabilidade dessa teoria para derivar estruturas e modelos de casos particulares de IHC, incluindo a HInt. Esses resultados são relevantes porque podem contribuir com novas evidências de que a EngSem é uma teoria que se aplica a diferentes: tipos de tecnologias, domínios/contextos de uso e paradigmas de IHC.

Referências

- Barbosa, G. A. R., Prates, R. O., da S. Fernandes, U., and Santos, N. S. (2021). Extending interaction to human-computer integration: What do we already know and what do we need to explore? In *Proceedings of the XX Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems, IHC '21*, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- Barbosa, G. A. R., Prates, R. O., da S. Fernandes, U., and Santos, N. S. (2022). O presente e o futuro da integração humano-computador como extensão da interação: Uma revisão sistemática da literatura. Technical Report RT.DCC.002/2022, Departamento de Ciência da Computação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- Carvalho, L. P., Prates, R. O., and Freire, A. P. (2019). A proposal to adapt the semiotic inspection method to analyze screen reader mediated interaction. In *Proceedings of the 18th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems, IHC '19*, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- Chagas, B. A., Redmiles, D. F., and de Souza, C. S. (2019). Signs of appropriation: A semiotic account of breakdowns with iot technology. *Journal on Interactive Systems*, 10(2):3–19.
- de Souza, C. S. (2005). *The semiotic engineering of human-computer interaction*. MIT press.
- de Souza, C. S. and Leitão, C. F. (2009). Semiotic engineering methods for scientific research in hci. *Synthesis Lectures on Human-Centered Informatics*, 2(1):1–122.
- de Souza, C. S., Leitão, C. F., Prates, R. O., Bim, S. A., and da Silva, E. J. (2010). Can inspection methods generate valid new knowledge in hci? the case of semiotic inspection. *International Journal of Human-Computer Studies*, 68(1-2):22–40.
- Farooq, U. and Grudin, J. (2016). Human-computer integration. *Interactions*, 23(6):26–32.

- Kitchenham, B. (2004). Procedures for performing systematic reviews. *Keele, UK, Keele Univ.*, 33.
- Leitão, C. F. and Prates, R. O. (2017). A aplicação de métodos qualitativos em computação. In *Jornadas de Atualização em Informática 2017*, pages 43–90.
- Mattos, B. A. and Prates, R. O. (2011). An overview of the communicability evaluation method for collaborative systems. In *IADIS International Conference WWW/Internet*, volume 2011, pages 129–136.
- Maués, R. d. A. and Barbosa, S. D. J. (2013). Cross-communicability: Evaluating the meta-communication of cross-platform applications. In Kotzé, P., Marsden, G., Lindgaard, G., Wesson, J., and Winckler, M., editors, *Human-Computer Interaction – INTERACT 2013*, pages 241–258, Berlin, Heidelberg. Springer Berlin Heidelberg.
- Maués, R. d. A. and Barbosa, S. D. J. (2014). Reflections on the cross-platform semiotic inspection method. In Kurosu, M., editor, *Human-Computer Interaction. Theories, Methods, and Tools*, pages 533–544, Cham. Springer International Publishing.
- Mueller, F., Maes, P., and Grudin, J. (2019). Human-Computer Integration (Dagstuhl Seminar 18322). *Dagstuhl Reports*, 8(8):18–47.
- Mueller, F. F., Lopes, P., Strohmeier, P., Ju, W., Seim, C., Weigel, M., Nanayakkara, S., Obrist, M., Li, Z., Delfa, J., Nishida, J., Gerber, E. M., Svanaes, D., Grudin, J., Greuter, S., Kunze, K., Erickson, T., Greenspan, S., Inami, M., Marshall, J., Reiterer, H., Wolf, K., Meyer, J., Schiphorst, T., Wang, D., and Maes, P. (2020). Next steps for human-computer integration. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, page 1–15, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- Oliveira, E. R., Luz, L. C. S., and Prates, R. O. (2008). Aplicação semi-estruturada do método de inspeção semiótica: Estudo de caso para o domínio educacional. In *Proceedings of the VIII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems, IHC '08*, page 50–59, BRA. Sociedade Brasileira de Computação.
- Reis, S. and Prates, R. O. (2011). Applicability of the semiotic inspection method: A systematic literature review. In *Proceedings of the 10th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems and the 5th Latin American Conference on Human-Computer Interaction, IHC+CLIHC '11*, page 177–186, Porto Alegre, BRA. Brazilian Computer Society.