

# **O SENTIDO DA NOÇÃO DE CONSERVAÇÃO PARA ESTUDANTES DE FÍSICA: UM ESTUDO A PARTIR DA ANÁLISE DE PROCESSOS AUTORREGULATÓRIOS**

## **THE SENSEMAKING OF THE NOTION OF CONSERVATION BY PHYSICS STUDENTS: A STUDY FROM THE ANALYSIS OF SELF-REGULATION PROCESSES**

**Matheus Henrique Thomas Becker<sup>1</sup>, Leonardo Albuquerque Heidemann<sup>2</sup>,  
Nathan Willig Lima<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul, matheusthomasbecker@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, leonardo.h@ufrgs.br

<sup>3</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, nathan.lima@ufrgs.br

### **Resumo**

O sentido dos conceitos pode ser entendido como uma dimensão da aprendizagem, englobando sua parte conotativa, o que determina a razão de ser deles, ou seja, o “por quê?” e “para que?” eles existem. Nesta pesquisa piloto, investigamos os sentidos atribuídos à noção de conservação de uma grandeza por dez estudantes em atividades de uma disciplina introdutória do curso de Física Licenciatura da UFRGS. Para isso, consideramos a atribuição de sentido à uma situação como um tipo de processo autorregulatório na perspectiva de Bandura (2009) e Franco et. al (2023), e buscamos avaliar a possibilidade de ampliar este referencial para a investigação de sentidos atribuídos para um conceito. A partir das respostas dos participantes a um questionário dissertativo, categorizamos as três subfunções autorregulatórias por eles mobilizadas (auto-observação, autoavaliação e autorreação), e realizamos uma análise de similitude relacionando as ocorrências dessas categorias, o que possibilitou a inferência dos sentidos atribuídos à noção de conservação. Os dois sentidos identificados foram: i. a noção de conservação de uma grandeza complementa o entendimento de outros conceitos da Física; e ii. a noção de conservação é importante para descrever fenômenos.

**Palavras-chave:** aprendizagem; sentido; autorregulação; noção de conservação.

### **Abstract**

The sense of concepts can be comprehended as a dimension of learning, encompassing their connotative aspect, which determine their *raison d'être*, i.e., the “why?” and “for what purpose?” they exist. In this research, we explore the sensemaking ascribed to the notion of conservation of a quantity by ten students in activities of an introductory Physics teacher training course at UFRGS. To achieve this, we regard the sensemaking as a form of self-regulatory process from the perspective of Bandura (2009) and Franco et al. (2023), and we seek to evaluate the possibility to expand this framework to the investigation of the sensemaking of a concept. Based on the participants' responses to a discursive questionnaire, we categorize the three self-regulatory subfunctions they employ (self-observation, self-evaluation, and self-reaction). Following this, we perform a similarity analysis that

correlates the occurrences of these categories, facilitating the deduction of the senses ascribed to the notion of conservation. The two discerned senses were: i. the concept of conserving a quantity enriches the comprehension of other principles in Physics; and ii. the concept of conservation is pivotal in explicating phenomena.

**Keywords:** learning; sensemaking; self-regulation; notion of conservation.

## Introdução

Uma das dimensões da aprendizagem dos conceitos é a compreensão das situações (problemas) nas quais a mobilização deles se faz pertinente (Vergnaud, 2012); são essas situações que dão sentido aos conceitos, e um dos processos essenciais durante a aprendizagem é a atribuição de sentido. Podemos dizer que esse sentido está na dimensão conotativa dos conceitos, englobando o valor atribuído ao conceito e os julgamentos sobre a pertinência da mobilização dele para enfrentar situações e sobre o valor dessas situações na vida da pessoa (Franco *et. al*, 2023).

O tipo de sentido atribuído aos conceitos depende das situações que os estudantes enfrentam. Problemas tradicionais sobre conservação de energia podem favorecer a atribuição de sentidos para esse conceito do tipo: “a conservação de energia é importante para resolver exercícios de Física e será útil para ‘tirar’ boas notas”. Por outro lado, situações instigantes, como quando um professor parte de uma problematização sobre o funcionamento de um moto perpétuo<sup>1</sup>, por exemplo, levará os estudantes a realizarem outras reflexões, avaliações e reações, e o sentido atribuído à conservação de energia favorecido nessa situação poderá ser: “A conservação de energia é importante para descrever o comportamento de certos movimentos e será útil para entender fenômenos do cotidiano”.

No contexto da Física, diversos conceitos são estudados em diferentes graus de complexidade e importância, proporcionando a construção de diferentes sentidos. Alguns conceitos são abordados como princípios básicos e subjacentes a diversas áreas da Física, como, por exemplo, a noção de conservação de uma grandeza, usualmente associada a conceitos como energia e *momentum*. Nesta pesquisa piloto, nosso objetivo é investigar os possíveis sentidos atribuídos por estudantes de Física à noção de conservação quando realizam um conjunto de atividades sobre o

---

<sup>1</sup> Nas redes sociais, vídeos sobre motos-perpétuos intrigam internautas sobre a possibilidade de se desenvolverem máquinas de ‘energia infinita’. Um vídeo do canal Ciência Todo Dia, por exemplo, atingiu 246 mil visualizações (veja em <[https://youtu.be/bSZR1\\_vBpmo?si=AuCbd\\_Xr0LyrXLSQ](https://youtu.be/bSZR1_vBpmo?si=AuCbd_Xr0LyrXLSQ)>).

desenrolar histórico da conservação das quantidades  $mv$  e  $mv^2$  em sistemas físicos. Mais especificamente, nosso objetivo é responder à seguinte questão de pesquisa: *Quais são os sentidos atribuídos à noção de conservação de uma grandeza física por novos estudantes de Física?*

### **Referencial teórico: a atribuição de sentido como processo autorregulatório**

A construção do sentido é produto do enfrentamento de situações que, inicialmente, promovem uma instabilidade na estrutura cognitiva, provocando uma reorganização da mesma, na qual o conceito e/ou experiência passam a ter um motivo para existir, uma razão de ser. Uma vez que, para isso, uma pessoa precisa avaliar, refletir e reagir diante de uma situação, a atribuição de sentido pode, portanto, ser abordada como um processo autorregulatório, como uma atividade cognitiva na qual o sujeito regula seu próprio comportamento para atingir determinado fim. Por exemplo, Franco et. al (2023) investigaram os sentidos atribuídos às experiências de reprovação de estudantes enquanto um processo autorregulatório, permitindo relacionar estes sentidos com a intenção de persistência de estudantes em um curso de Física. Este trabalho se trata de um estudo piloto – no contexto de um Mestrado Acadêmico – para investigar as potencialidades de utilizar a autorregulação para inferir os sentidos atribuídos a um conceito, visando ampliar a metodologia para estudos maiores. Consideramos que em uma situação de aprendizagem, a tentativa de reequilíbrio cognitivo para compreender uma situação é um processo autorregulatório interno que dependerá do tipo de situação enfrentada.

De acordo com Bandura (2009), o mecanismo da autorregulação opera por meio de três subfunções, a saber: i. auto-observação, etapa na qual o indivíduo monitora seu comportamento perante os desafios estimados para lidar com uma nova situação; ii. autoavaliação, etapa onde indivíduo avalia seu comportamento durante a situação, se baseando em padrões pessoais, experiências prévias e na atribuição de fatores determinantes da sua performance; e iii. autorreação, etapa na qual o indivíduo reage às experiências vivenciadas ao longo da situação, alterando o seu comportamento na intenção de atingir seus objetivos. Analisar estas subfunções autorregulatórias é fundamental na investigação do sentido que pode ser atribuído para um conceito/experiência.

## **Referencial metodológico: inferindo os sentidos atribuídos à Noção de Conservação em aulas de Física**

Nesta pesquisa, seguimos uma abordagem de investigação qualitativa. A análise dos sentidos atribuídos a Noção de Conservação por estudantes ocorreu a partir das situações de aprendizagem de uma disciplina introdutória destinada a calouros do curso de Licenciatura em Física da UFRGS, denominada Introdução à Física, ministrada por um dos coautores deste trabalho. Dez estudantes participaram, sendo 6 homens e 4 mulheres. As situações de aprendizagem foram desenvolvidas em seis horas-aula, quais sejam: a) discussão sobre o pêndulo de Newton; b) leitura e discussão de artigo sobre o episódio histórico da disputa entre  $mv$  (*momentum* cartesiano) e  $mv^2$  (vis viva de Leibniz) e c) resolução de exercícios. A seguir, destacamos o instrumento de coleta de dados e os instrumentos de análise utilizados.

### **Questionários sobre autorregulação**

Com o objetivo de investigar os sentidos atribuídos à noção de conservação por meio da análise das subfunções autorregulatórias (Bandura, 2009), foi produzido e aplicado um questionário dissertativo com quinze perguntas ao final das atividades relacionadas ao conceito, que permitiram identificar, categorizar e avaliar essas subfunções mobilizadas pelos estudantes. Cada questão era cuidadosamente proposta para investigar um dos subprocessos autorregulatórios. Por exemplo, as questões “*Que dificuldades você atribuiu para a compreensão da noção de conservação de uma grandeza física?*” e “*O que você considerava fundamental para se tornar capaz de utilizar a noção de conservação em situações da Física?*”, permitiram, em conjunto, avaliar quais foram os fatores *determinantes de desempenho* dos estudantes para compreender a noção de conservação, um subprocesso da *autoavaliação*. Um estudante que respondesse, por exemplo, “minha dificuldade foi entender as equações associadas ao assunto; só conseguiria entender a noção de conservação se soubesse expressá-la matematicamente”, teria sua fala categorizada com o rótulo “aa\_dd\_descricao\_fenomenologica” na dimensão *determinante de desempenho* na autorregulação. Essas categorias de respostas formaram o conjunto de dados que foram analisados nas etapas seguintes.

### **Análise de similitude no software Iramuteq**

Para investigar as relações entre as subfunções autorregulatórias dos estudantes já categorizadas e, a partir disso, inferir os sentidos atribuídos por eles à Noção de Conservação, recorremos ao software Iramuteq<sup>2</sup>. Com *análises de similitude*, procedimentos qualitativos de identificação de coocorrência e conectividade entre palavras (Camargo & Justo, 2013), as palavras analisadas (as categorias das subfunções autorregulatórias identificadas nas respostas ao questionário dissertativo) foram conectadas por quantidade de vezes em que foram manifestadas conjuntamente em diferentes segmentos do *corpus* textual, permitindo destacar elementos como frequência das coocorrências e “ilhas” de palavras (ilustradas na Figura 3) mais próximas no texto analisado. Este processo possibilita avaliar quais subfunções autorregulatórias estiveram mais relacionadas e, a partir disto, inferir os possíveis sentidos atribuídos à noção de conservação.

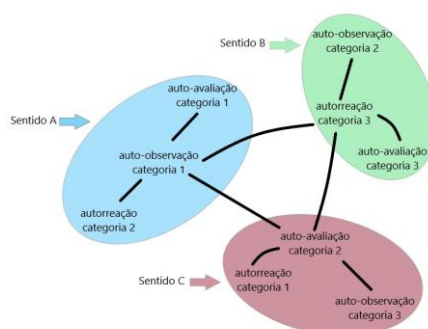


Figura 3. Esquema simplificado de ilhas geradas pelo software Iramuteq. Cada ilha representa um possível sentido atribuído para o conceito analisado.

### **Resultados**

Inicialmente, destacamos as categorias criadas a partir das respostas dos estudantes ao questionário dissertativo para cada subfunção autorregulatória (auto-observação, autoavaliação e autorreação). Posteriormente, apresentamos o diagrama gerado pelo Iramuteq na análise de similitude, no qual duas ilhas de subfunções foram geradas, seguido de alguns comentários e dos respectivos sentidos inferidos para a noção de conservação associado a cada ilha.

### **Subfunções autorregulatórias manifestadas pelos estudantes**

<sup>2</sup> Software gratuito e de código aberto que realiza análises de similaridade em corpus textuais, entre outras funcionalidades. Disponível em: <http://sourceforge.net/projects/iramuteq/>

O Quadro 1, a seguir, destaca as subfunções autorregulatórias identificadas e categorizadas a partir da análise das respostas dos estudantes ao questionário dissertativo. Segue uma breve descrição das categorias, bem como o rótulo usado para cada uma delas na análise de similitude. Em geral, as categorias se dividiram entre um aspecto relacionado a compreensão de conceitos associados a noção de conservação, como energia e *momentum*, e outro aspecto relacionado ao uso da noção para descrever fenômenos diversos.

Quadro 1. Subfunções autorregulatórias identificadas.

Subfunção	Categoria	Descrição	Rótulo
Auto-observação (desafios percebidos)	Compreensão de conceitos subjacentes	Diferenciar conceitos associados ao assunto.	ao_compreensão_conceitual
	Domínio matemático	Lidar com diferentes equações e variáveis.	ao_domínio_matemático
	Quantidade de informação	Lidar com muita informação simultânea.	ao_quantidade_info
Auto-avaliação (determinantes de desempenho)	Abstração e imaterialidade	Conectar conceitos com algo material.	aa_dd_abstração_imaterialidade
	Descrição dos fenômenos	Descrever teoria e matematicamente fenômenos diversos.	aa_dd_descrição_fenomenológica
Auto-avaliação (importância do conceito)	Importante para entender conceitos	Ajuda entender outros conceitos relacionados.	aa_ia_auxilio_conceitual
	Importante para entender fenômenos	Serve para descrever fenômenos diversos.	aa_ia_auxilio_fenomenologico
Autorreação	Entendo melhor outros conceitos	Complementei meu saber de conceitos relacionados.	ar_entendo_melhor_conceitos
	Sou capaz de analisar fenômenos	Sei novas formas de estudar fenômenos.	ar_capaz_analisar_fenomenos
	Preciso estudar mais	Ainda não sei tudo, mas sou capaz de aprender.	ar_lacuna_posso_aprender

### **Análise de similitude: duas ilhas, dois sentidos para a Noção de Conservação.**

A Figura 4 mostra o diagrama gerado pelo software Iramuteq na análise de similitude das categorias das subfunções autorregulatórias. Como se pode observar, a imagem destaca duas ilhas de subfunções. A ilha azul, composta de cinco categorias de subfunções, destaca-se pela presença total de aspectos voltados para a compreensão de conceitos subjacentes à noção de conservação mobilizados durante as atividades, como energia e *momentum* linear. Por outro lado, a ilha vermelha foi composta por outras cinco categorias, sendo três delas associadas a aspectos voltados à compreensão e descrição dos fenômenos estudados ao longo das atividades, além da auto-observação associada ao domínio de habilidades matemáticas, o que reforça a associação com a descrição de fenômenos.

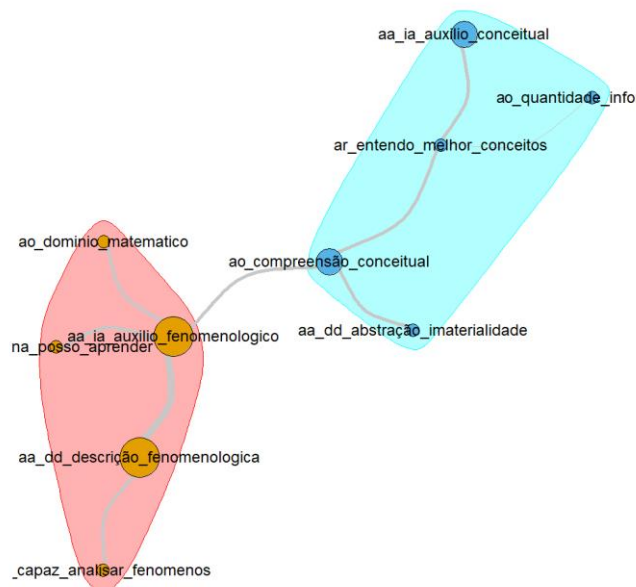


Figura 4. Análise de similitude retornada pelo Iramuteq.

Considerando esse contraste, inferimos a existência de dois sentidos que foram atribuídos à noção de conservação de uma grandeza, associados à ilha azul e à ilha vermelha, respectivamente: 1) *A noção de conservação de uma grandeza complementa o entendimento de outros conceitos da Física. Posso compreender melhor conceitos, como energia e momentum, quando estão associados a um princípio de conservação;* 2) *A noção de conservação é importante para descrever fenômenos. Posso tentar recorrer a ela quando preciso estudar uma situação física.*

O primeiro sentido, referente a ilha azul, foi manifestado por cinco pessoas e pode ser exemplificado por um estudante que disse:

*“Entendemos que algo se conservava, mas não sabíamos explicar o quê e como. Para compreender as noções de que se conservava, foi preciso discutir os conceitos de conservação de energia e momentum linear, pois assim conseguimos definir o que estava acontecendo”.*

Já o segundo sentido, referente a ilha vermelha e manifestado pelos outros cinco estudantes, pode ser entendida pelo excerto de um estudante que declara:

*“[...] quando eu imagino um pêndulo, não levo em consideração a conservação. Acho que o mais complicado é isso, a conservação parece mas não é lógica. [...] A conservação abre novas formas de julgar os acontecimentos físicos”.*

## Conclusões

Consideramos que a identificação dos sentidos atribuídos à noção de conservação de uma grandeza foi importante para avaliar a aprendizagem dos estudantes sobre este conhecimento. Os sentidos inferidos não foram manifestados nas atividades em geral, e o estudo do questionário foi determinante para inferi-los. Nessa linha, a análise das subfunções autorregulatórias permitiu atingir este objetivo satisfatoriamente, se configurando como uma possibilidade teórico-metodológica para avaliar os sentidos atribuídos a outros conceitos da Física. Pretendemos utilizá-la em outras situações de aprendizagem envolvendo diferentes conceitos de Física, para inferir os sentidos atribuídos aos mesmos e investigar as relações destes sentidos com outros fatores da aprendizagem, por exemplo, o desempenho de estudantes em testes padronizados.

Respondendo à questão de pesquisa deste trabalho, identificamos os seguintes sentidos: 1) *A noção de conservação de uma grandeza complementa o entendimento de outros conceitos da Física. Posso compreender melhor conceitos, como energia e momentum, quando estão associados a um princípio de conservação* e 2) *A noção de conservação é importante para descrever fenômenos. Posso tentar recorrer a ela quando preciso estudar uma situação física.*

## Referências

BANDURA, A., AZZI, R. G., & POLYODRO, S. (2008). *Teoria social cognitiva: conceitos básicos*. Porto Alegre: Artmed.

CAMARGO, Brígido V.; JUSTO, Ana M. IRAMUTEQ: Um software gratuito para análise de dados textuais. **Temas em Psicologia**, v. 21, n. 2, p. 513–518, 2013.

FRANCO, Bianca Vasconcelos do Evangelho; ESPINOSA, Tobias; HEIDEMANN, Leonardo Albuquerque. Em busca de sentido: interpretando as experiências acadêmicas à luz das subfunções da autorregulação. In: **Cadernos de Pesquisa do Programa de Pós-graduação em Ensino de Física da UFRGS** / Organizadores Fernanda Ostermann, Ives Solano Araujo e Matheus Monteiro Nascimento. – São Paulo: Pimenta Cultural, 2023.

ODDEN, Tor Ole B.; RUSS, Rosemary S. Defining sensemaking: Bringing clarity to a fragmented theoretical construct. **Science Education**, v. 103, n. 1, p. 187–205, 2019.

VERGNAUD, Gérard. FORME OPERATOIRE ET FORME PREDICATIVE DE LA CONNAISSANCE. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17, n. 2, p. 287–304, 2012.