

# ENSINO DE ACÚSTICA A PARTIR DE ILHAS INTERDISCIPLINARES DE RACIONALIDADE

## TEACHING ACOUSTIC FROM INTERDISCIPLINARY ISLANDS OF RATIONALITY

Thaís Ricardo Borges<sup>1</sup>, Ernani Vassoler Rodrigues<sup>2</sup>

<sup>1</sup>EEEFM Jacaraípe, thaisricardo2@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal do Espírito Santo, ernani.rodrigues@ufes.br

### Resumo

A compreensão humana da natureza e características do som é hermética devido à interação entre a percepção sensorial e a racionalização dos conceitos físicos e propriedades das ondas sonoras. Em um ambiente social, como uma sala de aula de Ciências, a complexidade aumenta à medida que os alunos combinam seus conhecimentos empíricos e suas visões de mundo para se comunicarem e explicarem os fenômenos cotidianos. Este artigo tem como finalidade apresentar parte de um produto educacional destinado ao ensino de conteúdos de acústica no Ensino Médio e alguns dos resultados de sua aplicação em uma escola da rede pública estadual situada na Região Metropolitana da Grande Vitória - ES. O produto foi construído a partir de Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade – IIRs – conforme proposto por Fourez, onde se faz necessária a integração de conhecimento de diversas disciplinas e de experiências da vida diária, a fim de desenvolver um modelo de projeto capaz de elucidar fenômenos físicos e promover a alfabetização científica no contexto escolar. Os dados coletados dos estudantes participantes referem-se às suas percepções e entendimento sobre timbre sonoro, uma das grandezas abordadas no desenvolvimento do produto educacional. O tratamento destes dados inclui a sua apresentação através de redes semânticas feitas a partir de análises de similitude e de gráficos construídos a partir da análise de Rasch.

**Palavras-chave:** Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade, Ensino de acústica, Timbre Sonoro, Redes Semânticas, Modelo Rasch.

### Abstract

Human understanding of the nature and characteristics of sound is airtight due to the interaction between sensory perception and the rationalization of physical concepts and properties of sound waves. In a social environment, such as a science classroom, complexity increases as students combine their empirical knowledge and worldviews to communicate and explain everyday phenomena. This article aims to present part of an educational product intended for teaching acoustic content in high school and some of the results of its application in a state public school located in the Metropolitan Region of Greater Vitória - ES. The product was built from Interdisciplinary Islands of Rationality – IIRs – as proposed by Fourez, where it is necessary to integrate knowledge from different disciplines and daily life experiences, in order to develop a project model capable of elucidating physical phenomena and promote scientific literacy in the school context. The data collected from participating students refers to

their perceptions and understanding of sound timbre, one of the dimensions addressed in the development of the educational product. The processing of this data includes its presentation through semantic networks made from similarity analyzes and graphs constructed from Rasch analysis.

**Keywords:** Interdisciplinary Islands of Rationality, Teaching acoustics, Sound Timbre, Semantic Networks, Rasch Model.

## **Introdução**

No contexto escolar, uma pergunta recorrente recai sobre os usos de conceitos da Física discutidos em sala de aula. Há uma percepção dos alunos de que os métodos e objetos de ensino da Física são distantes da realidade, muitas vezes crua, da comunidade discente. Nehring et al. (2002) argumentam que a abordagem disciplinar do currículo é alvo de críticas devido à sua incapacidade de tornar os conhecimentos adquiridos na escola eficazes para além dela. Idealizações, simplificações e restrições excessivas limitam a capacidade dessa ciência em lidar com a diversidade e complexidade do mundo.

Na busca por soluções para esta dissonância, Fourez (2016) propõe um modelo de alfabetização científica que tem como ponto de partida um problema palpável, isto é, que esteja dentro da realidade cotidiana do indivíduo em curso e de tal maneira que a ideia de pertencimento a uma causa seja trazida à tona. A partir desta motivação, o autor (id.) sugere que sejam traçadas estratégias que permitam a construção de uma solução para o referido problema, se valendo de saberes advindos de diversas áreas do conhecimento. Isto porque, segundo Fourez, a solução de um problema real exige uma interação entre diferentes setores, não sendo possível a utilização de apenas um campo da Ciência, fechado. Este modelo culmina numa abordagem de proposição de sequências de ensino chamadas de Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade (IIR).

Para a realização prática das IIRs é necessário que se construa um projeto, alicerçado em uma questão inicial e com o objetivo de se criar um produto que responda tal questão. Partindo desta ideia, foi construído um produto educacional em formato de projeto, com a pergunta inicial: “Qual a relação da poluição sonora com a saúde pública?”. O projeto foi desenvolvido buscando a compreensão das características físicas do som e de como elas estão relacionadas com a saúde das pessoas.

Neste trabalho temos por objetivo reportar e analisar resultados preliminares de duas dimensões de desenvolvimento de um grupo de estudantes da educação básica resultantes de atividades da IIR citada, cotejando aspectos relevantes da Física em testes conceituais e em representações socialmente compartilhadas.

### ***Construção de um produto educacional na abordagem das IIRs***

Ao estruturar um modelo metodológico de ensino, Fourrez propunha como objetivo uma alfabetização que fosse científica e tecnológica que ressaltasse a relevância do conhecimento científico interdisciplinar como estrutura de pensamento e de ações orientadas a respostas para problemas reais da humanidade. O ponto de partida da situação problema é um clichê trazido para a realidade escolar que se desdobra em ampliações do panorama e aprofundamentos sobre o tema de interesse (Souza et al., 2018).

A alfabetização científica e tecnológica almejada nas IIRs indica o desenvolvimento de uma autonomia por parte dos estudantes, a comunicação, que é um processo intersubjetivo e, portanto, social e a responsabilidade que tem contornos políticos e econômicos. Essas dimensões são perpassadas pelos conhecimentos, específicos e interdisciplinares. Nisso, as IIRs são abordagens de ensino que promovem uma modelização ou uma representação teórica de uma situação particular (Siqueira; Gaertner, 2015).

Embora não sejam dadas como prescrição, uma sequência de etapas é sugerida por Fourrez para potencializar o alcance dos objetivos de uma IIR. Elas incluem: a apresentação de uma situação problema que permita construir um clichê da situação; a consulta a especialistas e a especialidades; o desempacotamento de "caixas pretas" do conhecimento; a confecção de um produto e/ou elaboração de um enfrentamento ao problema e uma (auto)avaliação do processo.

Entendemos que os problemas de poluição sonora urbana cumprem um bom papel de abertura para que diferentes aspectos tecnológicos e científicos sobre o som sejam abordados na IIR.

### ***Etapas da IIR sobre som e saúde***

A IIR foi construída e aplicada ao longo de 14 tempos de aula de 50 minutos, sendo 2 aulas a cada semana, totalizando 7 semanas. Seis etapas foram

estruturadas: (i) apresentação do problema de partida e esclarecimento sobre a sequência, o objeto de estudo e o material impresso que serviu de base, incluindo instruções sobre como utilizá-lo; (ii) desempacotando o som a partir de uma perspectiva científica: como ele é gerado, quais suas características físicas e como elas se relacionam com a nossa percepção sensorial com atividades experimentais, incluindo a análises espectral de sons distintos; (iii) consulta as especialidades e abertura de caixas pretas na construção uso de um sintetizador analógico do tipo Atari Punk Console que permitia a variação do volume, da frequência e do timbre do som; (iv) construção do produto que os alunos deveriam apresentar, consistindo em criação e exibição de um conteúdo audiovisual explicando a relação entre a poluição sonora e a saúde pública, se valendo dos conteúdos abordados para explicar cientificamente a correlação entre estes dois temas (v) avaliação diagnóstica e (vi) avaliação por pares dos vídeos apresentados e autoavaliação sobre sua participação no projeto.

### ***Dados e estratégias de análise***

A sequência foi implementada em quatro turmas do terceiro ano do Ensino Médio, alcançando 139 estudantes. Visando uma análise longitudinal, três instantes do projeto foram usados para coleta de dados: um antes da aplicação do produto educacional, um durante a sequência de aulas e outro ao final do projeto. Utilizou-se para este trabalho, dados de evocações de palavras e a técnica de associação livre de palavras (TALP) (Di Giacomo, 1981) e um instrumento composto de 12 itens de múltipla escolha focado em testes conceituais sobre os temas da Física do som trabalhados.

A TALP gerou uma análise de similaridade entre termos evocados (Russel; Rao, 1940) indicando relações entre lexemas e permite a observação de uma estrutura socio-semântica em uma rede complexa, a partir do qual o coletivo de respondentes revela traços de representações compartilhadas.

Embora o projeto seja inerentemente interdisciplinar, os testes conceituais foram construídos com base nos temas específicos da Física do som, trabalhados ao longo do projeto. Neste trabalho, reportamos e analisamos três redes complexas de similaridade para palavras evocadas acerca do Timbre Sonoro e avaliamos os itens 1, 2, 4, 9 e 11 do teste por serem itens que traziam timbre como resposta ou como distrator.

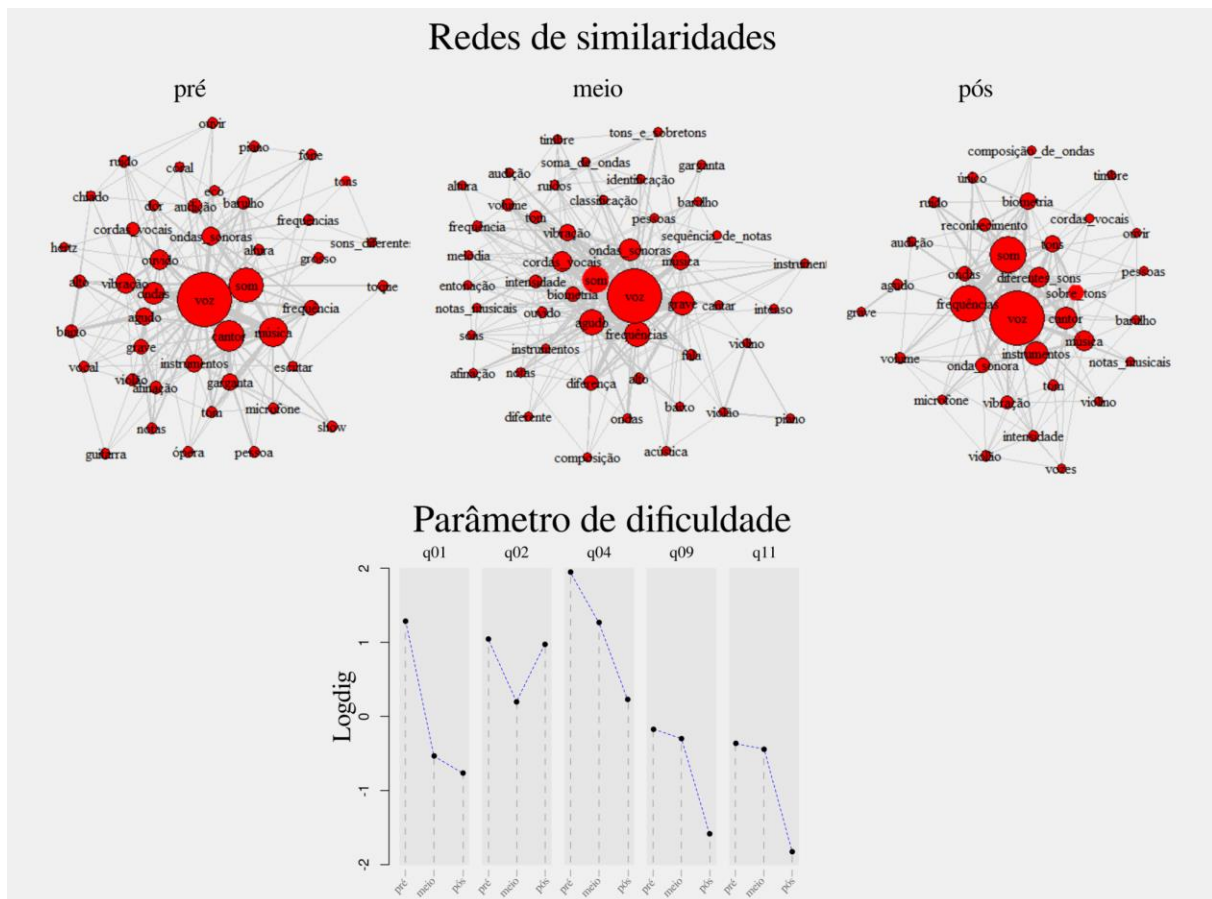
A análise dos itens do teste se deu pela Modelagem Rasch (Rasch, 1960), estatística subjacente à chamada Teoria de Resposta ao Item (TRI) que se vale de um processo psicométrico para avaliar traços latentes de habilidades dos respondentes em função de parâmetros logísticos de dificuldades dos itens.

Todas as análises foram feitas no ambiente estatístico R (R, 2008) utilizando-se a interface IRaMuTeQ (Ratinaud, 2008) e o pacote mirt (Chalmers, 2012).

## Resultados e discussão

O resultado das redes de similaridades para Timbre e o parâmetro logístico de dificuldade dos itens pré, meio e pós intervenção estão apresentados na Figura 1.

**Figura 1** – Redes de similaridade para evocações acerca do timbre (acima) e parâmetro de dificuldade dos itens que abordaram timbre nos testes conceituais.



Fonte: Elaborado pelos autores

Na rede pré para timbre, a maior parte dos lexemas remetem a objetos, situações e conceitos relacionados ao som a partir de aspectos cotidianos mas não comuns ao discurso científico. Aparecem palavras que remetem a outras propriedades

dos sons, como: agudo, grave, frequência, ondas, altura, grosso, vibração, audição etc. Aparecem também elementos relacionados à cultura, como cantor, música, coral, ópera etc., mas sem uma clara conexão entre essas palavras e lexemas típicos da Física do som. Há também uma notável similaridade entre timbre e voz.

Na rede meio (Fig. 01), obtida na aula 7 da aplicação da IIR é possível perceber que os elementos que remetem a outras propriedades do som surgem para o grupo: tons e sobretons - trazendo a ideia das somas de onda sonoras para formarem sons distintos-, altura, volume, tom, viração, frequência, intensidade etc. Isso pode ser interpretado como um indicativo de que, ao terem contato com a IIR um aprofundamento teórico a respeito das propriedades das ondas sonoras foi possível. Discussões feitas durante a IIR parecem guiar a escolha de lexemas, o que pode ser visto em: soma de ondas, classificação, biometria, diferença e composição. A forte relação entre timbre e voz se manteve e destaca-se presença de elementos que remetem à música e a diferentes instrumentos musicais, como melodia, garganta, entonação, notas musicais etc. Estes são indicativos de que houve um enriquecimento do entendimento dos discentes acerca do que é o timbre sonoro e em quais situações ele se demonstra relevante para a compreensão dos fenômenos acústicos.

Na rede pós (Fig. 01) obtida ao final do projeto, observa-se que a quantidade de termos muito diversos e pouco repetitivos diminui e que termos mais associados a conhecimentos científicos aparecem em maior quantidade, tais como: frequência, ondas sonoras, diferentes sons e ondas. Este padrão mostra que há uma mais clara percepção dos alunos sobre o timbre como uma propriedade física do som, juntamente à frequência e à intensidade. Diminui-se a associação entre o timbre e as palavras grave e agudo, mostrando que os alunos associaram tais qualidades a outras propriedades das ondas sonoras, diferente do timbre. A supressão de "intensidade" é notável nessa última e elementos unicamente associados à cultura cotidiana dos estudantes têm sua participação minimizada. Mantém-se a presença de diferentes instrumentos musicais e de elementos que remetem a diferentes timbres, como: cordas vocais, reconhecimento, pessoas e vozes. Em linhas gerais, os elementos que se demonstravam equivocadamente associados ao timbre e que na verdade dizem respeito a outras qualidades do som ou apresentaram uma tendência de redução.

Esses resultados qualitativos, quando sobrepostos a uma consistente redução no parâmetro de dificuldade dos itens no teste conceitual (a exceção do item q02, Fig.

01, que tinha timbre como distrator e não manteve redução na dificuldade) indica que a IIR promove uma apropriação de aspectos da ciência e da tecnologia ligados ao som.

Ao mesmo tempo, as palavras de fato associadas ao conceito de timbre se mantiveram ou acabaram ganhando mais presença, como: diferentes sons, reconhecimento, biometria e composição de ondas. Isso demonstra uma melhora na compreensão dos estudantes de que esta grandeza está associada diretamente a como a onda sonora interage com o sistema auditivo, trazendo a possibilidade de identificação do som proveniente de diferentes fontes, mesmo que com mesma intensidade e/ou frequência.

### ***Considerações finais***

Nossos resultados apontam para um considerável avanço nas concepções dos estudantes ao longo da IIR. De modo geral, as ideias eram inicialmente muito associadas a elementos culturais e havia uma dissonância entre a compreensão das propriedades físicas do som e de suas respectivas consequências para a percepção auditiva. Esta confusão apresentou uma redução e o conceito científico de timbre e suas manifestações apareceram com mais clareza ao final do projeto. Portanto, o método utilizado e a implementação do produto se mostraram eficazes no processo de ensino-aprendizagem de acústica nestas turmas, possibilitando que seja recomendado em situações futuras.

As novas etapas de análise deste projeto incluem as redes para frequência e intensidade e a modelagem Rasch para todos os itens, além da inclusão das avaliações do produto da IIR em si.

Agradecemos aos financiamentos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Espírito Santo (FAPES) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) que permitiram o desenvolvimento desta pesquisa.

### **Referências**

CHALMERS R.P. mirt: A Multidimensional Item Response Theory Package for the R Environment. **Journal of Statistical Software**, v.48, n.6, 2012.

COUTINHO, M.P.L.; DO BÚ, E. A técnica de associação livre de palavras sobre o prisma do software tri-deux-mots (versão 5.2). *Revista Campo do Saber* 3, no. 1. 2017.

FOUREZ, G. et al. Um modelo para um trabalho interdisciplinar (trad.). **Revista Labore em Ensino de Ciências**, v. 1, n. 3, 2016.

Giacomo, J. P. Aspects méthodologiques de l'analyse des représentations sociales. **Cahiers de Psychologie Cognitive**, v. 1, n. 1, 1981.

SIQUEIRA, Josiane Bernz; GAERTNER, Rosinète. Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade: conceito de proporcionalidade na compreensão de informações contidas em rótulos alimentícios. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 2, 2015.

SOUZA, G. F. et al. Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade como proposta articuladora para o ensino de ciências. **Tecné, Episteme y Didaxis: TED**, p. 1-6, 2018.

R - Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria, 2008.

RASCH, G. Studies in mathematical psychology: Probabilistic models for some intelligence and attainment tests. 1960.

RATINAUD, P. **Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires**. 2008.

RUSSEL, P. F., RAO, T. R. (1940) On habitat and association of species of anopheline larvae in south-eastern Madras. **J. Malaria Inst. India**, v. 3, 1940.