Programa de Pós-Graduação em Educação
Universidade do Estado do Pará
Belém-Pará-Brasil

Revista Cocar, Belém, V. 24, N. 42, p. 01-20, 2026 ISSN: 2237-0315

Mapas mentais como instrumentos de análise da aprendizagem significativa no ensino de Astronáutica na formação de professores

Mind Maps as Tools for Analyzing Meaningful Learning in Astronautics Teaching within Teacher Education.

Mônica Patrícia de Almeida
Universidade Estadual de Maringá (UEM)
Maringá/PR- Brasil

Michel Corci Batista
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Campo Mourão/PR-Brasil

Resumo
O ensino de Astronáutica apresenta lacunas na formação de professores de Física, inicial e continuada, comprometendo a articulação entre ciência, tecnologia e sociedade na exploração espacial. O estudo objetivou identificar indícios de aprendizagem significativa em mapas mentais produzidos em curso de formação continuada sobre astronáutica, estruturado por uma Ilha Interdisciplinar de Racionalidade (IIR). De natureza qualitativa e exploratória, analisaram-se mapas mentais do início e do término da formação, com base na Teoria da Aprendizagem Significativa e na IIR. Os resultados evidenciaram ampliação conceitual, maior hierarquização das ideias e incorporação de relações interdisciplinares nos mapas finais, indicando que a IIR, associada aos mapas mentais, é instrumento potente para promover e analisar a aprendizagem significativa na formação docente.
Palavras-chave: Ensino de Astronomia; Formação continuada de professores de Física; Aprendizagem Significativa.

Abstract
Astronautics education presents gaps in both initial and continuing Physics teacher education, hindering the articulation of science, technology, and society in the context of space exploration. This study aimed to identify evidence of meaningful learning in mind maps produced during a continuing education course on astronautics, structured around an Interdisciplinary Island of Rationality (IIR). Drawing on a qualitative and exploratory approach, mind maps produced at the beginning and end of the course were analyzed based on the Theory of Meaningful Learning and the IIR framework. The results revealed conceptual expansion, greater hierarchization of ideas, and the incorporation of interdisciplinary relationships in the final mind maps, indicating that the IIR, combined with mind maps, is a powerful tool for promoting and analyzing meaningful learning in teacher education.
Key words: Astronomy Education; Continuing Education of Physics Teachers; Meaningful Learning.

Mapas mentais como instrumentos de análise da aprendizagem significativa no ensino de Astronáutica na formação de professores

Introdução

Este artigo é fruto de um estudo mais amplo desenvolvido em uma tese de doutorado, a qual teve como objetivo investigar de que forma a implementação de uma Ilha Interdisciplinar de Racionalidade (IIR), sobre o tema Astronáutica, influencia a formação continuada de professores de Física para a (re) construção de seus saberes docentes. Para o presente artigo, fez-se um recorte da tese, no qual buscou-se analisar possíveis indícios de aprendizagem significativa expressos em mapas mentais produzidos por docentes durante o desenvolvimento de uma IIR sobre astronáutica, em um curso de formação continuada.

Inicialmente deve-se esclarecer o uso dos termos Astronomia e Astronáutica. A Astronomia é a ciência que estuda o Universo, seus corpos celestes e fenômenos associados. A Astronáutica, por sua vez, dedica-se à pesquisa e ao desenvolvimento de técnicas e tecnologias voltadas aos voos espaciais. Desta forma, neste artigo, assim como na tese de doutorado, a proposta centra-se na Astronáutica, mas contempla também a Astronomia, dado o caráter complementar entre ambas as áreas.

Tema de estudo e pesquisas no Brasil desde a década de 1970 (Batista, 2016), a Astronomia tem se consolidado com avanços e até revoluções científicas que propiciam o entendimento de que a Ciência não é uma verdade absoluta e inquestionável. Prova disso é o nosso Universo e as incógnitas que ainda permeiam sobre seu surgimento. Dentre os fatores que justificam a importância de estudar e divulgar a Astronomia, Caniato (1993) destaca a ligação ao desenvolvimento do pensamento humano bem como o fascínio do homem sobre essa Ciência, o que gera grande motivação.

A Astronáutica, dedicada ao estudo do espaço, também está presente em nosso cotidiano. Iniciada com a Guerra Fria, a disputa entre a antiga União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) e Estados Unidos da América (EUA), ficou conhecida como Corrida Espacial, isto porque, os dois países disputavam quem chegaria primeiro ao espaço. Desta disputa surgiram não apenas as possibilidades de desvendar o Universo, mas também avanços tecnológicos fortemente presentes em nosso dia a dia, como o Sistema de Posicionamento Global (GPS) e câmera de celulares.

No entanto, apesar da presença da Astronomia e Astronáutica em nosso cotidiano, muitas vezes os conteúdos relacionados a esta Ciência passam despercebidos ou são pouco enfatizados em sala de aula. Langhi e Nardi (2005) e Batista, Fusinato e Oliveira (2018)

ressaltam que a Astronomia possui enorme potencial interdisciplinar e que, aliada a curiosidade do estudante pode despertar o interesse do mesmo não só em Astronomia, mas também em conceitos e conhecimentos relacionados a outras áreas como Geografia, História, Química, Matemática, Biologia, entre outras.

Langhi (2009) pontua ainda que a falta de uma formação adequada do docente pode contribuir para a superficialidade com que a Astronomia é trabalhada no ambiente escolar. Batista (2016, p.18) destaca que "a maneira como o docente é formado ou até mesmo a visão que possui sobre o que é ciência e a atividade científica" são fatores que podem afetar o desenvolvimento dos conteúdos em sala de aula. Além disso, por diversas vezes o professor se ancora no Livro Didático (LD) como principal recurso didático e este nem sempre contempla, ou contempla de maneira rasa, os conteúdos relacionados à Astronomia. A despeito dessa limitação, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio, propõe o aprofundamento de temáticas como Terra e Universo, indicando que os estudantes devem "analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo" (Brasil, 2018, p. 556). A competência específica 2 dessa área mobiliza conhecimentos diretamente vinculados à Astronomia e à Astronáutica, como a astronomia, a evolução estelar, a gravitação e a mecânica newtoniana. Diante desse panorama, tem-se um paradoxo: embora a BNCC oriente que o professor de Física trabalhe conteúdos de Astronomia e Astronáutica em sala de aula, os cursos de formação inicial desses docentes não exigem, em sua dinâmica curricular, disciplinas obrigatórias voltadas a essa temática (Batista, 2016). Tal lacuna entre o que se exige do docente na Educação Básica e o que se oferece em sua formação inicial reforça a importância de iniciativas de formação continuada que abordem a Astronomia e a Astronáutica de maneira aprofundada e contextualizada.

A ausência desses conteúdos, contudo, traz implicações que vão além da lacuna curricular. Em especial, a falta de contato dos estudantes com conceitos e práticas ligadas à Astronáutica e à exploração espacial podem implicar no processo de alfabetização científica e tecnológica (ACT), pois restringe oportunidades de o estudante compreender como o conhecimento científico se traduz em tecnologia e transforma a sociedade. Como defendem Fourez (1997) e Chassot (2003), a ACT envolve a capacidade de "ler o mundo" pela linguagem da ciência e de perceber as relações entre fenômenos naturais e inovações

tecnológicas. Assim, quando a escola deixa de explorar a Astronáutica, priva os estudantes de um contexto rico para articular teoria e prática, dificultando que reconheçam a ciência como um empreendimento humano, histórico e socialmente situado. Nesse sentido, formar professores capazes de compreender e mediar essas relações é essencial para promover a Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT) em sala de aula.

A formação docente, seja inicial ou continuada, deve possibilitar a superação de saberes do senso comum, sejam estes carregados pelos docentes ou apresentados pelos estudantes, quando desconhecem os conceitos científicos. Dentre os fatores que dificultam o ensino de Astronomia, Langhi e Silva (2018, p. 11) citam o "despreparo, incapacidade e insegurança no trabalho com o tema Astronomia, resposta insatisfatória para os alunos e falta de contextualização", assim como a falta de materiais sobre o tema e falta de tempo para se dedicar a estudos com a temática. Frente a isso, as formações continuadas voltadas ao Ensino de Astronomia se fazem importantes, especialmente quando abordam os conteúdos astronômicos a partir de diferentes materiais e metodologias de ensino, o que pode contribuir para preencher, ainda que em parte, as lacunas das formações iniciais (Langhi; Oliveira; Vilaça 2018). Para Tardif (2012) os cursos de formação continuada podem contribuam para um processo reflexivo da prática docente e dos saberes docentes de sua profissão. Assim, repensar o ensino de Astronomia implica também repensar a própria formação docente — e nesse movimento, instrumentos como os mapas mentais podem se tornar potentes mediadores da reflexão e da aprendizagem.

Nessa perspectiva, a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), proposta por David Ausubel (2003) e ampliada por Moreira (2011; 2013), oferece subsídios teóricos para compreender como se dá a reorganização cognitiva dos docentes em formação, enquanto a IIR, proposta por Fourez (1997), fornece a estrutura metodológica para a intervenção formativa. Esses referenciais são detalhados na seção seguinte. As representações visuais, como os mapas mentais, configuram-se como instrumentos mediadores, permitindo a externalização do pensamento e a visualização das conexões entre conceitos.

Referencial Teórico

i. Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS)

Para Moreira (2011) a Aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o

aprendiz já sabe. Para o autor, tal interação diferencia-se da aprendizagem mecânica, na qual novos conteúdos são memorizados sem estabelecer vínculos com os conhecimentos prévios do sujeito.

O conceito central da TAS é o de subsunçor, entendido como o conhecimento específico, já estabelecido na estrutura cognitiva do indivíduo, que serve de âncora para a atribuição de significados a novos conhecimentos. Os subsunçores podem apresentar maior ou menor estabilidade cognitiva e, ao servirem de ideia-âncora para novas aprendizagens, eles próprios se modificam, adquirindo novos significados e maior grau de diferenciação.

Sob essa ótica, a estrutura cognitiva não é um repositório estático de informações, mas uma organização dinâmica de subsunçores inter-relacionados e hierarquicamente organizados, caracterizada por dois processos fundamentais: a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora (Moreira, 2011). A diferenciação progressiva refere-se ao processo pelo qual um subsunçor, à medida que é sucessivamente utilizado para dar significado a novos conhecimentos, torna-se mais rico, mais refinado e mais diferenciado. Já a reconciliação integradora ocorre quando novos conhecimentos, ao interagirem com subsunçores prévios, promovem uma reorganização da estrutura cognitiva, estabelecendo novas relações entre conceitos anteriormente fragmentados ou justapostos.

Na prática pedagógica observa-se que a ocorrência da aprendizagem significativa depende de condições específicas: o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo, a estrutura cognitiva do aprendiz deve conter subsunçores adequados e o aprendiz deve manifestar disposição para aprender significativamente (Ausubel, 2003; Moreira, 2013). Quando essas condições são atendidas, os novos conhecimentos não apenas se incorporam à estrutura cognitiva, mas a reorganizam, gerando um processo contínuo de diferenciação e integração. Tal dinâmica é particularmente relevante na formação continuada de professores, em que os saberes experienciais, construídos ao longo da trajetória docente, podem funcionar como subsunçores importantes para a apropriação de novos conhecimentos científicos e pedagógicos (Tardif, 2012).

É nesse contexto que os mapas mentais assumem relevância como instrumentos de análise da aprendizagem. Ao externalizar graficamente as conexões entre conceitos, os mapas permitem inferir indícios de diferenciação progressiva e de reconciliação integradora. Batista e Gomes (2024, p. 290) reforçam essa perspectiva ao destacar que "o pesquisador

pode identificar como a estrutura cognitiva dos sujeitos participantes da pesquisa se organiza para determinado tema de interesse".

ii. Ilha Interdisciplinar de Racionalidade (IIR)

A proposta de Ilha Interdisciplinar de Racionalidade (IIR) foi desenvolvida por Gérard Fourez na década de 1990, inserida no contexto mais amplo da Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT). Para Fourez (1997), a ACT não se restringe ao domínio de conceitos científicos, mas envolve a capacidade do indivíduo de compreender, negociar e agir diante de situações em que o conhecimento científico e tecnológico se faz presente. Sob essa ótica, formar cientificamente implica desenvolver autonomia para tomar decisões fundamentadas em contextos reais, nos quais a ciência e a tecnologia exercem impacto direto sobre a vida em sociedade.

Uma IIR, conforme definido por Fourez (1997 apud Nehring et al., 2000, p. 92), consiste em "uma invenção de uma modelização adequada para uma situação específica". Em outras palavras, trata-se da construção de uma representação teórica apropriada para um contexto e um projeto determinados, "permitindo comunicar e agir sobre o assunto" (Nehring et al., 2000, p. 92). A construção de uma ilha de racionalidade envolve o cruzamento de saberes provenientes de diversas disciplinas e também dos conhecimentos da vida cotidiana, estruturando um modelo cujo valor está vinculado à sua capacidade de contribuir para a solução de um problema preciso.

Tal cenário implica em uma ruptura com o ensino estritamente disciplinar. A teorização proposta na IIR é, segundo Nehring *et al*. (2000, p. 93), "quase sempre interdisciplinar, pois é muito difícil propor uma solução a um problema concreto, engessado pelas limitações e abstrações de uma disciplina particular". A interdisciplinaridade, nesse sentido, não é um fim em si mesma, mas uma exigência decorrente da natureza complexa dos problemas reais que a IIR se propõe a abordar.

A construção de uma IIR desenvolve-se em oito etapas sequenciais, conforme sistematizado por Fourez (1997) e operacionalizado por Almeida e Batista (2025): (1) elaboração do clichê da situação-problema, em que se apresenta o contexto a ser investigado; (2) panorama espontâneo, momento em que os participantes expressam suas concepções prévias sobre o tema; (3) consulta aos especialistas ou especialidades, em que se identificam as áreas do conhecimento relevantes para a compreensão do problema; (4)

ida à prática, que envolve a observação direta ou a experimentação; (5) abertura aprofundada de "caixas-pretas" para buscar princípios disciplinares, etapa em que conceitos científicos específicos são trabalhados em profundidade; (6) esquematização da situação pensada, que consiste na organização e sistematização dos conhecimentos construídos; (7) abertura das caixas-pretas sem ajuda dos especialistas, em que os participantes mobilizam autonomamente os conhecimentos adquiridos; e (8) síntese da Ilha Interdisciplinar de Racionalidade, produto final que consolida a representação teórica construída.

Diante desse panorama, a IIR configura-se como uma metodologia com forte potencial para a formação de professores, especialmente em áreas como a Astronáutica, em que a articulação entre Física, História, Tecnologia e dimensões sociais é constitutiva do próprio objeto de estudo. Ao articular a IIR com a TAS, é possível compreender que a construção de uma ilha de racionalidade sobre astronáutica pode funcionar como um caminho para a ocorrência de aprendizagem significativa. As etapas iniciais da IIR — clichê da situação-problema e panorama espontâneo — favorecem a identificação dos subsunçores prévios dos participantes, condição fundamental para que a aprendizagem significativa ocorra. A etapa de abertura de "caixas-pretas" conceituais pode promover tanto a diferenciação progressiva, ao aprofundar conceitos específicos, quanto a reconciliação integradora, ao estabelecer conexões entre conhecimentos de diferentes disciplinas. As etapas finais — esquematização e síntese — mobilizam a reorganização cognitiva, na medida em que exigem dos participantes a articulação autônoma dos conhecimentos construídos ao longo do processo (Almeida; Batista, 2025).

iii. Mapas mentais como instrumentos de análise da aprendizagem

Os mapas mentais foram criados na década de 1970 pelo inglês Tony Buzan, com o intuito de aprimorar a organização do conhecimento por meio do encadeamento de informações de modo não linear (Buzan, 2009). Batista e Gomes (2024) pontuam que os mapas mentais surgiram durante um período em que o modelo tradicional de educação passou a ser intensamente questionado pelos pesquisadores, com estudos voltados a entender como a mente humana funciona e aprende.

Moreira e Masini (2001, p. 70) definem os mapas mentais como "associações livres de palavras, imagens, cores, números, enfim, tudo o que vier à mente do sujeito a partir de um estímulo inicial", o que agrega a este instrumento didático um potencial ilimitado de criação

da mente humana. A partir de um tema indutor no centro de uma folha em branco, novas palavras, ideias e conceitos podem ser agregados por meio de ramificações, permitindo a hierarquização e organização do conhecimento (Batista; Gomes, 2024). Camargo e Daros (2018) destacam que a ilustração de ideias e conceitos pode auxiliar no planejamento de ações e estratégias, inclusive no registro sintético de conteúdos passíveis de revisão rápida.

Batista e Gomes (2024, p. 290) consideram relevante o uso de mapas mentais como instrumento na composição de dados de uma pesquisa, pois "o pesquisador pode identificar como a estrutura cognitiva dos sujeitos participantes da pesquisa se organiza para determinado tema de interesse". A forma de organização de um mapa, do mais abrangente para o mais específico, congrega com o processo de diferenciação progressiva da TAS, na qual a diferenciação pode conduzir à incorporação de novos conhecimentos na estrutura cognitiva do indivíduo, gerando a reconciliação integradora. Essas definições subsidiam a compreensão de como os mapas mentais foram utilizados nesta pesquisa, tanto como instrumentos de aprendizagem quanto de análise dos processos formativos.

Procedimentos metodológicos

Este estudo consiste em um recorte de uma pesquisa mais ampla, de caráter qualitativo do tipo descritivo e exploratório. Para Flick (2009), a pesquisa qualitativa possibilita a abordagem de diferentes metodologias e instrumentos para constituição dos dados, como entrevistas, questionários, registros de atividades e observações. Minayo (2002, p. 22) ressalta que este tipo de pesquisa contempla questões específicas, pois "trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização". A autora ainda propõe que "o verbo principal da análise qualitativa é compreender" (Minayo, 2012, p. 623). Gil (2008, p. 42) define que "as pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis".

A construção dos dados ocorreu no primeiro semestre de 2025, no período de 14 de março a 4 de abril, com um grupo de sete professores matriculados no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (Polo 32 do MNPEF) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão. A intervenção foi estruturada conforme as etapas da Ilha

Interdisciplinar de Racionalidade (IIR) desenvolvidas com o tema Astronáutica. Entre os diversos instrumentos utilizados para a constituição dos dados da pesquisa, foram empregados mapas mentais elaborados pelos participantes no início e ao final da formação, tendo como termo indutor a palavra "Astronáutica". Os mapas serviram para identificar os subsunçores prévios dos docentes acerca da temática e para avaliar os conhecimentos apropriados ao longo do desenvolvimento do curso, conforme fundamentação teórica apresentada na seção anterior.

Para que a utilização dos mapas mentais enquanto recurso avaliativo seja profícua, faz-se necessário atentar à maneira como as ideias são representadas graficamente, como são estruturadas, bem como à compreensão do tema proposto e à criatividade na elaboração do mapa. Também é essencial avaliar os conteúdos conceituais incluídos no mapa e as hierarquias a partir das ramificações feitas, pois é "na formação de estruturas ou construções dinâmicas, que está relacionada à assimilação da informação em conexão com as ideias já existentes" que se torna possível avaliar tanto o mapa quanto a aprendizagem com os mapas mentais (Ontoria; Luque; Gómez, 2008, p. 129).

Deste modo, a avaliação dos mapas mentais produzidos por cada docente foi realizada com base nos critérios sugeridos por Batista e Gomes (2024), possibilitando a comparação entre os resultados obtidos no início e no final da implementação da proposta. Foi possível, ainda, realizar uma análise coletiva das produções iniciais e finais, a partir da soma das pontuações de cada elemento produzido por cada professor. Para tanto, foram elaboradas duas tabelas, uma com os resultados obtidos na construção inicial dos mapas mentais (Tabela 1) e outra com os resultados obtidos na construção dos mapas após a aplicação da IIR (Tabela 2).

Resultados e discussões

A seguir, apresentamos as principais tendências observadas na comparação entre os mapas iniciais e finais, organizadas segundo os critérios propostos por Batista e Gomes (2024).

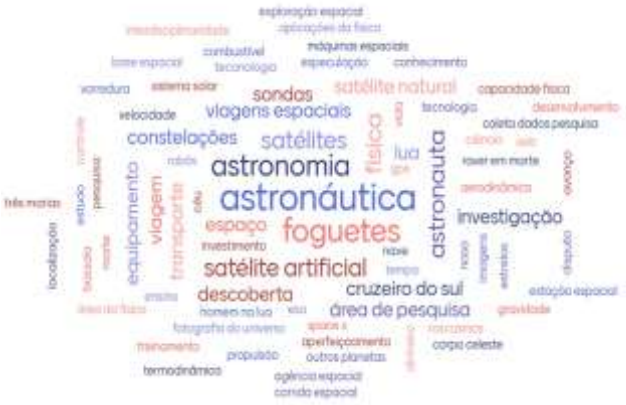
A análise dos mapas mentais permitiu observar transformações conceituais e estruturais nos conhecimentos dos docentes participantes, especialmente no que tange à ampliação das relações entre conteúdos conceituais de Física.

Durante o desenvolvimento da IIR, optamos por utilizar os mapas mentais em dois momentos: no início, para auxiliar na identificação dos subsunçores (fundamental na Teoria

da Aprendizagem Significativa) e no final do curso, para observar se houve construção e/ou ampliação do conhecimento, permitindo indícios de uma aprendizagem significativa a partir da IIR, ambos com o tema indutor Astronáutica.

No mapa mental inicial, antes de qualquer intervenção ou discussão sobre Astronáutica, os participantes mencionaram 111 palavras acerca do tema indutor. No mapa mental final o número de palavras citadas foi 210, o que nos leva a entender que houve um avanço positivo no que tange a apropriação do conhecimento na estrutura cognitiva. Além disso, a interdisciplinaridade pode ser observada a partir das palavras escritas nos mapas finais. Conteúdos como Guerra Fria, Leis Físicas, Leis de Newton, Leis de Kepler, Gravitação Universal, racismo, mulheres na ciência, foram temas não citados nos mapas iniciais, mas mencionados nos mapas finais. Lembramos que estes temas foram abordados e discutidos no desenvolvimento da IIR.

Figura 1 - Nuvem de palavras a partir dos mapas mentais iniciais



Fonte: Os autores (2025)

Figura 2 - Nuvem de palavras a partir dos mapas mentais finais

Fonte: Os autores (2025)

A avaliação dos mapas mentais fundamenta-se na quantificação proposta por Ontoria, Luque e Gómez (2008, p. 131), que sugerem a atribuição de notas a partir de quatro critérios: domínio técnico global, imagem central e ramificações, conteúdo do tema e criatividade. Com base nesses critérios, Batista e Gomes (2024) desenvolveram uma métrica com indicadores e pontuações específicas para cada elemento, permitindo ao pesquisador atribuir uma nota a cada mapa e comparar produções de um mesmo indivíduo em diferentes momentos. Os critérios, seus indicadores e respectivas notas são sintetizados no Quadro 1.

Quadro 1 - Pontuação dos elementos essenciais dos mapas mentais

Domínio técnico global	Letras com cores distintas	2	2
	Letras com tamanhos distintos	2	0
	Setas/ramificações com cores distintas	2	2
	Setas/ramificações com tamanhos distintos	2	2
Imagem central e ramificações	Ramificações primárias	1xN	4
	Ramificações secundárias	2xN	(8) 16
	Ramificações terciárias ou posteriores	3xN	(3) 9
Conteúdo do tema (abrangência do assunto)	Elementos superficiais ou menos abrangentes	4	4
	Elementos mais específicos ou mais abrangentes	10	0
	Relação entre conteúdos - interdisciplinares	10	0
Criatividade	Originalidade, imaginação, organização	2	2

Fonte: Batista e Gomes (2024, p.293)

As tabelas 1 e 2, correspondem aos resultados obtidos na construção inicial e final dos mapas mentais.

Tabela 1 - Pontuação dos mapas mentais produzidos antes da IIR

Domínio técnico global	**NOTA**	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**
Letras com cores distintas	2	2	0	2	2	0	0	0
Letras com tamanhos distintos	2	0	0	0	0	0	0	0

Setas/ramificações com cores distintas	2	2	0	2	0	0	0	0
Setas/ramificações com tamanhos distintos	2	2	2	0	0	0	0	0
Imagem central e ramificações	**	**	**	**	**	**	**	**
Ramificações primárias	1xN	4	3	10	4	4	3	4
Ramificações secundárias	2xN	(8) 16	(6) 12	(7) 14	(2) 4	(6) 12	(3) 6	(13) 26
Ramificações terciárias ou posteriores	3xN	(3) 9	(12) 36	(2) 6	0	(3) 9	(5) 15	0
Conteúdo do tema (abrangência do assunto)	**	**	**	**	**	**	**	**
Elementos superficiais ou menos abrangentes	4	4	4	4	4	4	4	4
Elementos mais específicos ou mais abrangentes	10	0	0	0	0	0	0	0
Relação entre conteúdos - interdisciplinares	10	0	0	0	0	0	0	0
Criatividade	**	**	**	**	**	**	**	**
Originalidade, imaginação, organização	2	2	2	0	2	0	0	2
Total	**	41	59	38	16	29	38	36

Fonte: Os autores (2025)

Tabela 2 - Pontuação dos mapas mentais produzidos após a IIR

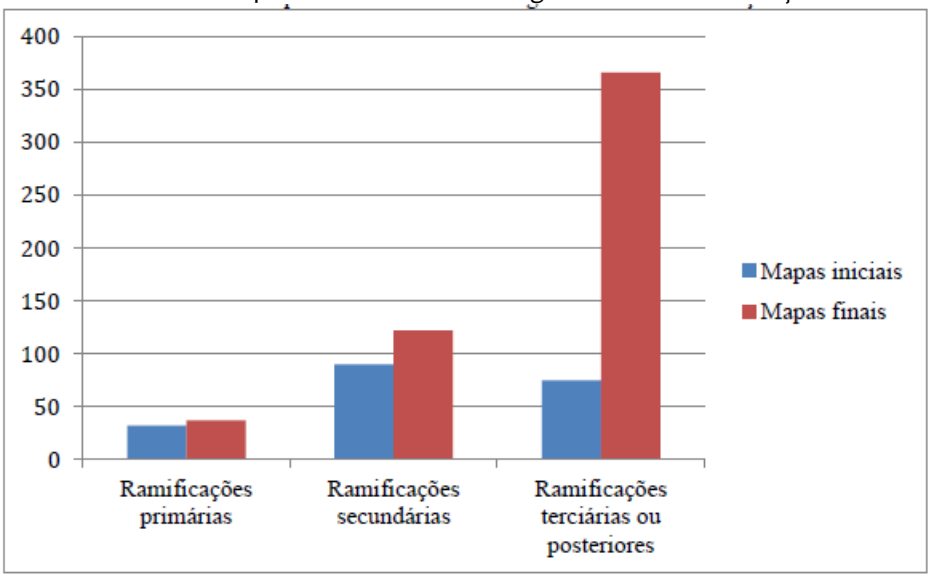
Domínio técnico global	**NOTA**	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**
Letras com cores distintas	2	2	0	0	0	2	2	0
Letras com tamanhos distintos	2	0	0	0	0	0	0	0
Setas/ramificações com cores distintas	2	0	2	0	2	2	2	0
Setas/ramificações com tamanhos distintos	2	0	2	0	0	2	2	0
Imagem central e ramificações	**	**	**	**	**	**	**	**
Ramificações primárias	1xN	4	8	7	5	4	4	5
Ramificações secundárias	2xN	(6) 12	(8) 16	(8) 16	(8) 16	(3) 6	(8) 16	(20) 40
Ramificações terciárias ou posteriores	3xN	(36) 108	(28) 84	(17) 51	(6) 18	(17) 51	(11) 33	(7) 21
Conteúdo do tema (abrangência do assunto)	**	**	**	**	**	**	**	**
Elementos superficiais ou menos abrangentes	4	0	0	0	0	0	0	0
Elementos mais específicos ou mais abrangentes	10	10	10	10	10	10	10	10
Relação entre conteúdos - interdisciplinares	10	10	10	10	10	10	10	10
Criatividade	**	**	**	**	**	**	**	**
Originalidade, imaginação, organização	2	2	2	0	2	2	2	2
Total	**	148	134	94	63	89	81	88

Fonte: Os autores (2025)

Ao analisarmos individualmente os quatro critérios, observamos que os mapas mentais finais foram mais elaborados e organizados em comparação com os mapas iniciais.

No critério "domínio técnico global", os mapas mentais tiveram um aumento de setas/ramificações com cores distintas e também de tamanhos distintos, o que comunga com o segundo critério, "imagem central e ramificações".

Gráfico 1 - Comparativo do critério "Imagem central e ramificações"



Fonte: Os autores (2025)

Para o critério "conteúdo do tema (abrangência do assunto)", houve uma relação inversamente proporcional entre os mapas, o que indica indícios de reorganização dos conhecimentos. Isto porque, nos mapas iniciais os elementos superficiais ou menos abrangentes estavam presentes, enquanto os elementos de cunho mais específico e a relação interdisciplinar entre os conteúdos não apareceram. Por outro lado, com o transcorrer do curso de formação, os conteúdos mais específicos foram trabalhados, assim como a relação da Astronáutica com demais componentes curriculares. A reorganização da estrutura cognitiva dos docentes pode ser constatada, em medida, nos mapas finais, os quais 100% dos participantes consideraram conteúdos mais específicos e a relação interdisciplinar entre eles, conforme destaca a tabela 3.

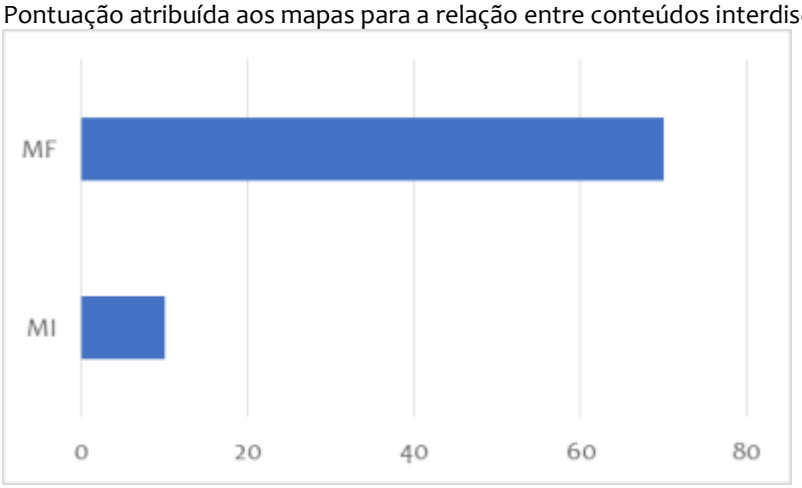
Tabela 3 - Comparativo do critério "Conteúdo do tema"

Conteúdo do tema	**Pontuação mapas iniciais**	**Pontuação mapas finais**
Elementos superficiais ou menos abrangentes	28	0
Elementos superficiais ou mais abrangentes	0	70
Relação entre conteúdos - interdisciplinares	0	70

Fonte: Os autores (2025)

As Tabelas 1, 2 e 3, bem como os Gráficos 2 e 3, nos permitem observar indicativos de avanços na construção, hierarquização e aquisição de conhecimento dos participantes, acerca do tema Astronáutica. Houve aumento das ramificações, especialmente ramificações terciárias ou superiores, o que demonstra conceitos mais específicos e interligados nos mapas finais. A interdisciplinaridade também foi observada na produção dos mapas finais, incluindo conceitos físicos, ausentes nos mapas iniciais, revelando indícios de reorganização dos saberes docentes disciplinares incorporados na prática docente sob a forma de disciplinas, através da formação inicial e formação continuada (Tardif, 2012) e de formação profissional possibilitados pelo caráter interdisciplinar da IIR. Tardif (2012) destaca os saberes profissionais envolvem os conhecimentos relacionados às teorias adotadas, às escolhas de metodologias e às técnicas e métodos de ensino que são abordados durante a formação. O quesito interdisciplinaridade, que na produção do mapa inicial foi citado por apenas 14,19% dos participantes, na produção final foi considerado por 100% do grupo, conforme mostra o gráfico 2:

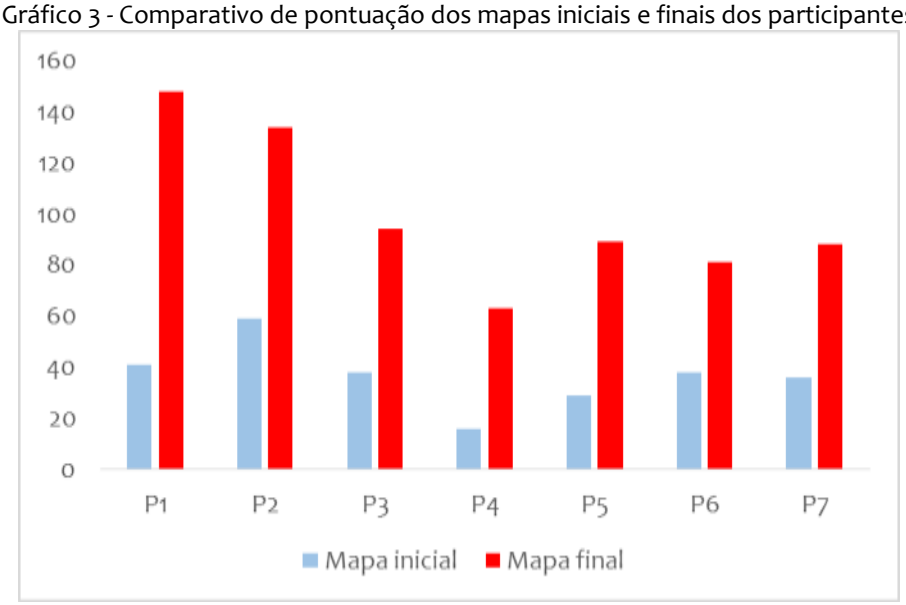
Gráfico 2 - Pontuação atribuída aos mapas para a relação entre conteúdos interdisciplinares



Fonte: Os autores (2025)

As pontuações obtidas por cada participante nos mapas são sintetizadas no gráfico 3, os quais mostraram evolução estrutural e conceitual, indicados a partir da estrutura mais elaborada e termos ampliados.

Gráfico 3 - Comparativo de pontuação dos mapas iniciais e finais dos participantes



Fonte: Os autores (2025)

Observamos que, em todos os mapas mentais iniciais os termos foram mais genéricos, com estruturas simples, e relações (observadas pelas poucas ramificações) e carente de conteúdos interdisciplinares, ainda que o tema indutor Astronáutica possibilite. Por outro lado, nos mapas mentais finais notamos uma ampliação tanto estrutural quanto conceitual em todos os mapas produzidos.

Destacamos que os resultados obtidos nos mapas mentais podem ser articulados com resultados obtidos por outros instrumentos utilizados na proposta IIR sobre astronáutica, como por exemplo, os questionários de afirmações V ou F. A articulação entre os resultados nos permite estabelecer uma relação de complementaridade entre os instrumentos, reforçando a validade das inferências observadas nos mapas mentais produzidos. Além do que, essa complementaridade entre instrumentos reforça a validade dos indícios de aprendizagem significativa observados, confirmando o potencial dos mapas mentais como ferramenta de avaliação formativa.

Nas produções finais dos mapas, os docentes representaram de forma mais detalhada e hierarquizada, por meio das ramificações, os conceitos relacionados às Leis Físicas. Conceitos como Leis de Newton, Leis de Kepler e Gravitação Universal, ausentes nos mapas iniciais, passaram a integrar as produções finais, evidenciando que os subsunçores prévios dos participantes, pouco diferenciados no início do processo formativo, foram sucessivamente acionados para ancorar os novos conhecimentos trabalhados durante a IIR. Conforme Moreira (2011), a diferenciação progressiva caracteriza-se pelo processo no qual

um dado subsunçor vai, de forma progressiva, adquirindo novos significados, vai ficando mais rico, mais refinado, mais diferenciado, e mais capaz de servir de ancoradouro para novas aprendizagens significativas. Esse processo é observável nos mapas finais, nos quais a presença de ramificações terciárias mais específicas indica que conceitos amplos (como "foguetes" ou "espaço", presentes nos mapas iniciais) foram progressivamente diferenciados em conceitos mais específicos e hierarquicamente subordinados, como as próprias Leis de Newton e de Kepler.

Em contrapartida, a presença de relações interdisciplinares nos mapas finais, articulando conceitos de Física com dimensões históricas, sociais e culturais, como a Guerra Fria e o papel das mulheres na ciência, constitui indício de reconciliação integradora. Moreira (2011) esclarece que esse processo ocorre quando novos conhecimentos, ao interagirem com subsunçores prévios, promovem uma reorganização da estrutura cognitiva, estabelecendo novas relações entre conceitos anteriormente fragmentados ou justapostos. Nos mapas mentais, tal reorganização torna-se visível quando ramos distintos, antes isolados, passam a apresentar conexões que articulam saberes disciplinares com saberes experienciais e contextuais. A integração entre os conteúdos conceituais de Física e as dimensões históricas e sociais da Astronáutica, portanto, não representa apenas a adição de novos termos, mas a reestruturação da própria hierarquia cognitiva dos docentes, na qual conhecimentos antes dispersos são reorganizados em uma configuração mais integrada e significativa.

A integração entre os conteúdos conceituais e a prática docente possibilita indícios de reconstrução dos saberes docentes, na qual os docentes conseguiram relacionar o conhecimento científico (Física) com dimensões históricas, sociais e culturais, indicando o caráter interdisciplinar do tema Astronáutica e sua relevância para o ensino de Ciências.

Considerações finais

A análise comparativa dos mapas mentais, elaborados no início e no término do curso de formação continuada, evidenciou indícios de reestruturação cognitiva dos participantes articuláveis aos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa. Os mapas iniciais, com termos genéricos, estruturas simples e escassez de ramificações, revelaram subsunçores pouco diferenciados acerca da Astronáutica. Em contrapartida, as produções finais demonstraram maior organização, ampliação conceitual e relações interdisciplinares,

indicando a ocorrência de diferenciação progressiva, observável na maior especificidade das ramificações terciárias e na incorporação de conceitos como Leis de Newton, Leis de Kepler e Gravitação Universal, e de reconciliação integradora, na medida em que os docentes reorganizaram conhecimentos anteriormente fragmentados, conectando Física, História, Ciência e Tecnologia.

Constata-se, diante desse panorama, que a IIR, enquanto metodologia estruturada em torno do problema concreto do estudo da Astronáutica, favoreceu a ativação dos subsunçores prévios e a abertura progressiva de "caixas-pretas" conceituais, condição essencial para a aprendizagem significativa (Almeida; Batista, 2025). O caráter interdisciplinar da IIR, evidenciado nas produções finais, corroborou o que Fourez (1997) defende quanto à Alfabetização Científica e Tecnológica: a formação científica deve possibilitar ao indivíduo compreender como o conhecimento científico se traduz em tecnologia e se relaciona com a sociedade.

A articulação entre os mapas mentais e outros instrumentos da IIR, como os questionários de afirmações V ou F, reforça a validade das inferências e evidencia que os mapas funcionam como mediadores da reflexão sobre os saberes docentes, tornando visíveis as reorganizações cognitivas ao longo do processo formativo (Tardif, 2012). Assim, os resultados indicam que o uso dos mapas mentais, aliado à IIR fundamentada na TAS, configura-se como ferramenta potente para promover e analisar aprendizagens significativas na formação continuada de professores de Física. Aponta-se, como desdobramento, a necessidade de investigar em maior profundidade como a estabilidade cognitiva dos subsunçores construídos durante a IIR se mantém ao longo do tempo e se traduz em transformações da prática docente.

Referências

ALMEIDA, Mônica Patrícia de. **Estudo de uma Ilha Interdisciplinar de Racionalidade sobre o tema Astronáutica na formação continuada de professores de Física do Ensino Médio**. 2025. 196 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência e a Matemática) — Programa de Pós Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2025.

AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e retenção de conhecimento: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Paralelo, 2003.

BATISTA, Michel Corci; GOMES, Ederson Carlos. O mapa mental como instrumento de análise para pesquisa em ensino. *In*: MAGALHÃES JR., Carlos Alberto (org.). **Análise de dados**

em Educação para a Ciência e a Matemática. Ponta Grossa: Texto e Contexto, 2024. p. 285-295.

BATISTA, Michel Corci; FUSINATO, Polonia Altoé; OLIVEIRA, Aline Alves de. Astronomia nos livros didáticos de Ciências do Ensino Fundamental I. **Ensino & Pesquisa**, União da Vitória, v. 16, n. 3, p. 46-64, jul/set., 2018. Disponível em https://periodicos.unespar.edu.br/ensinoepesquisa/article/view/1996/pdf_81. Acesso em: 09 mar. 2026.

BATISTA, Michel Corci. **Um estudo sobre o ensino de Astronomia na formação inicial de professores dos anos iniciais**. 2016. 183 f. Tese (Doutorado em Educação para Ciência e a Matemática), Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, **PR**, 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**: educação é a Base. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2018.

BUZAN, Tony. **Mapas mentais: métodos criativos para estimular o raciocínio e usar o máximo o potencial do seu cérebro**. Tradução: Paulo Polzonoff Jr. Rio de Janeiro: Sextante, 2009.

CAMARGO, Fausto. Porque utilizar metodologias ativas de aprendizagem. *In*: CAMARGO, Fausto; DAROS, Thuinie (orgs.). **A sala de aula inovadora: estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo**. Porto Alegre: Penso, 2018. p. 13-17.

CANIATO, Rodolpho. **O céu**. 2. ed. São Paulo: Ática, 1993. 265 p.

CHASSOT, Áttico Inácio. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação.** São Paulo: v. 23, n. 22, p. 89-100, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbedu/n22/n22a09.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2023.

FLICK, Uwe. **Introdução à pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FOUREZ, Gerard. ***Alfabetización Científica Y Tecnológica:*** *Acerca de las finalidades de la ensenanza de las ciências*. Buenos Aires: Ediciones Colihue, 1997.

LANGHI, Rodolfo. **Astronomia nos anos iniciais do ensino fundamental:** repensando a formação de professores. 2009. 370 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) - Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru. 2009.

LANGHI, Rodolfo; NARDI, Roberto. Dificuldades interpretadas nos discursos de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental em relação ao ensino da Astronomia. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia -RELEA**, Limeira, n. 2, 2005.

LANGHI, Rodolfo; SILVA, Sioneia Rodrigues da (org.). **Astronomia na educação Infantil e nos anos Iniciais do ensino fundamental:** relatos de professores. São Paulo: Livraria da Física, 2018.

LANGHI, Rodolfo; OLIVEIRA, Fabiana Andrade de; VILAÇA, Janer. Formação reflexiva de professores em Astronomia: indicadores que contribuem no processo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 2, p. 461-477, 2018. Disponível em:

https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2018v35n2p461. Acesso em: 10 jun. 2025.

MINAYO, Maria Cecília de Souza (org.). **Pesquisa Social: teoria, método e criatividade**. 21 ed. Petrópolis: Vozes, 2002.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem Significativa**: a teoria e textos complementares. Porto Alegre: Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, Marco Antonio; MASINI, Elcie F. Salzano. **Aprendizagem significativa:** A teoria de David Ausubel. São Paulo: Centauro, 2001.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem Significativa, Organizadores Prévios, Mapas Conceituais, Diagramas V e Unidades de Ensino Potencialmente Significativas:** material de apoio para o curso Aprendizagem Significativa no Ensino Superior: teorias e estratégias facilitadoras. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Física, 2013.

NOVAK, Joseph Donald; CAÑAS, Alberto J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborálos e usá-los. **Práxis Educativa**, Ponta Grossa, v. 5, n.1, p. 9-29, jan/jun. 2010.

ONTORIA, Antonio; LUQUE, Angela de; GÓMEZ, Juan Pedro R. **Aprender com mapas mentais:** uma estratégia para pensar e estudar. Tradução: Silvia Mariângela Spada. 3. ed. São Paulo: Madras, 2008.

PRADO, Andreia Fernandes; NARDI, Roberto. Formação de professores dos anos iniciais e saberes docentes mobilizados durante um curso de formação em astronomia. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 29, p. 103–116, 2020.

TARDIF, Maurice. **Saberes docentes e formação profissional**. 13. ed. Petrópolis: Vozes, 2012. 325 p.

Agradecimentos

À CAPES pelo apoio institucional (financiamento 001), ao Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência e a Matemática (PCM) da Universidade Estadual de Maringá, ao Polo Astronômico Rodolpho Caniato da UTFPR de Campo Mourão e ao programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UTFPR de Campo Mourão.

Sobre os autores

Mônica Patricia de Almeida
Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática (PCM) da Universidade Estadual de Maringá (UEM).
E-mail: moniccalmeida@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3136-4985

Michel Corci Batista
Doutor em Educação para a Ciência e a Matemática pela UEM. Cursou estágio Pós-doutoral na Universidade de Brasília, na área de Ensino de Física, com ênfase em teorias de

aprendizagem aplicadas a propostas de ensino. Professor do Departamento de Física da UTFPR/Campo Mourão, e de programas de pós-graduação da UTFPR e UEM; Embaixador da NASE no Brasil; Líder do grupo LADECA; Coordenador do Polo Astronômico Rodolpho Caniato da UTFPR. Atua na área de Ensino de Ciências e Astronomia, com ênfase na formação docente, divulgação científica, espaços não formais, metodologias ativas e abordagem STEAM.
E- mail: michel@utfpr.edu.br
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7328-2721

Recebido em: 21/11/2025
Aceito para publicação em: 25/08/2026