

## **AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA USANDO MAPA CONCEITUAL COM ERROS: UMA EXPERIÊNCIA NO ENSINO SUPERIOR**

*Diagnostic assessment using concept map with error: an experience in higher education*

**Marília Soares** [mariliasoares@alumni.usp.br]

*Programa de Pós-graduação Interunidades da Universidade de São Paulo.  
Rua do Matão, 1371 CEP 05508-090, Cidade Universitária, São Paulo - Brasil*

**Paulo R. M. Correia** [prmc@usp.br]

*Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo  
Av. Arlindo Bettio 1000, 03828 000, São Paulo, SP, Brasil*

*Recebido em: 22/10/2022*

*Aceito em: 27/06/2023*

### **Resumo**

Mapa conceitual é um tipo de organizador gráfico que permite revelar explicitamente as relações conceituais existentes nos temas a serem explorados no processo de ensino e aprendizagem. No Ensino de Ciências, é comum que o aluno seja quase sempre o mapeador (responsável por construir o mapa conceitual). Neste trabalho vamos apresentar uma experiência de avaliação diagnóstica a partir de um mapa feito pelo professor. Ao elaborar seus mapas, o professor pode incluir erros conceituais intencionalmente para verificar se os alunos são capazes de identificá-los. Os mapas conceituais com erros são propostos como uma forma alternativa de fazer a avaliação diagnóstica de alunos do Ensino Superior. Os resultados confirmam que os mapas conceituais com erros permitem avaliar rapidamente o desempenho dos alunos, caracterizando os erros mais/menos localizados durante a atividade. Merece destaque especial a identificação de um grupo de alunos que apresentou grandes dificuldades com o conteúdo do mapa. A devolutiva rápida obtida a partir do mapa conceitual com erros permitiu ao professor adaptar o seu plano de ensino para atender de forma mais próxima esses alunos. Atividades com mapas feitos pelos professores, como o mapa com erros, são interessantes e podem ser utilizadas juntamente com os mapas produzidos pelos alunos.

**Palavras-chave:** Avaliação diagnóstica; Mapa conceitual; Ensino superior.

### **Abstract**

Concept map is a graphic organizer that allows explicitly revealing the existing conceptual relationships in the themes to be explored in the teaching and learning process. In Science Teaching, it is common for the student to be almost always the mapper (responsible for building the conceptual map). In this paper we will present a diagnostic assessment experience based on a concept map made by the teacher. When making their maps, the teacher can intentionally include conceptual errors to check if the students are able to identify them. Concept maps with errors are proposed as an alternative way of carrying out the diagnostic assessment of higher education students. The results confirm that concept maps with errors allow a quick assessment of students' performance, characterizing the errors located during the activity. It deserves to be highlighted the identification of a group of students who had great difficulties with the content of the map. The quick feedback got from the concept map with error allowed the teacher to adapt his teaching plan to scaffold these students more closely. Activities with maps made by the teachers, such as the map with errors, are interesting and can be used together with the maps produced by the students.

**Keywords:** Diagnostic evaluation; Conceptual map; higher education.

## Introdução

Atualmente há a necessidade de tornar o tempo de aula e o desenvolvimento de tarefas e avaliações mais proveitoso e eficiente. Isso deve ocorrer a partir de discussões em sala de aula, aquisição de dados, resumos entre outras informações que são geradas e transmitidas rapidamente entre professor e alunos. Ensinar nesse novo modelo é uma grande mudança e um grande desafio, já que os meios de comunicação tornaram a comunicação mais rápida (Moran, 2000). Neste sentido, o espaço e o tempo ganharam novos significados e o ensino superior passou a ser desafiado a buscar soluções inovadoras (Correia et al, 2016).

O mapa conceitual pode ser uma forma de inovar a maneira de avaliar a aprendizagem do aluno ou ainda de captar conhecimentos prévios a partir de uma avaliação diagnóstica em sala de aula, sendo então, um aliado do tempo. Esse é um tipo de organizador gráfico que permite revelar os detalhes das relações conceituais existentes na estrutura cognitiva de um indivíduo em um dado momento do processo de ensino e aprendizagem. Esse organizador auxilia na reflexão do processo de construção do conhecimento e na identificação e avaliação de concepções sobre o tema mapeado. Ou seja, a elaboração de mapa conceitual é um processo metacognitivo que permite ao aluno buscar informações que possam melhorar a organização dos conceitos e ainda dá autonomia no processo de aprendizagem estimulando-o à uma aprendizagem ativa e mais significativa (Batista & Araman, 2009; Corio et al., 2012; Serbim & Santos, 2021).

A teoria que fundamenta o uso do mapa conceitual neste trabalho é a Teoria Educacional de Joseph Novak, que tem como pressuposto a Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel. Para Ausubel, o mais importante é conhecer o que o aluno já sabe antes da instrução, e a partir disso, ensiná-lo adequadamente e para Novak a aprendizagem é como um conjunto de experiências (cognitivas, afetivas e psicomotoras) vividas pelo indivíduo. Essas experiências podem levar o indivíduo a uma aprendizagem significativa correta ou errada, como sugere Novak (Moreira, 1999). Considerando isso, o objetivo deste trabalho é mostrar como o mapa conceitual pode ser usado como uma avaliação diagnóstica no ensino superior.

### *Professor ou aluno: quem é o mapeador?*

Em vários trabalhos da literatura é raro o uso do mapa como instrumento avaliativo, inclusive são poucos os trabalhos que apresentam avaliações usando um mapa conceitual elaborado pelo professor. Nesse sentido, existem algumas formas comuns do uso de mapa conceitual em avaliação, por exemplo: (i) aluno elabora mapa e o professor avalia o que foi produzido e/ou o conteúdo mapeado e (ii) o uso de um mapa conceitual incompleto, elaborado pelo professor, em que os alunos precisam preencher lacunas a partir de uma lista de conceitos fornecida durante a avaliação (Nascimento, Soares & Correia, 2020). No entanto, para o bom uso do mapa conceitual pelo aluno, há a necessidade de um treinamento na técnica de mapeamento, em que ele se capacita em todas as características que conferem o alto poder de representação do mapa, tornando-se proficiente na técnica. Dependendo dessa proficiência, é possível obter um mapa com baixo poder explicativo ou com alto poder explicativo e ainda pode afetar a qualidade e confiabilidade de sua avaliação pelo professor (Correia et al, 2016; Kinchin, 2016; McClure, Sonak, & Suen, 1999; Novak, 2010). O treinamento é necessário para que o aluno se familiarize com a ferramenta, aprenda a usá-la, saiba como fazer e revisar seu mapa – o que demanda muito tempo (Pinheiro & Costa, 2009; Yano & Amaral, 2011).

Trabalhos da literatura mostram que os mapas produzidos por alunos, quando prontos, são utilizados para avaliar a aprendizagem em termos do conteúdo mapeado, estrutura, quantidade de conceitos, proposições e para o levantamento de conhecimentos prévios pelos pesquisadores ou professor de uma dada disciplina. Por exemplo, foi feito um levantamento na Revista Experiências

em Ensino de Ciências (EENCI) e foram encontrados 35 trabalhos sobre o uso do mapa conceitual em sala de aula. Nesses trabalhos, o principal mapeador (quem faz mapa) é o aluno. De alguma forma, os autores desses trabalhos mencionam ou deixam implícito que houve algum tipo de treinamento/preparo prévio dos alunos para que eles pudessem fazer os seus mapas, individual ou em colaboração. Por exemplo, Silva, Queiroz & Gallão (2008) precisaram de 3 semanas para preparar os alunos na construção de mapas, assim como Mendonça, da Silva & Palmero (2007) que prepararam os alunos por 4 semanas. Lima Alves et al, 2020 utilizaram 10 aulas (60 minutos cada), divididas em conteúdo, discussão, construção e avaliação de mapas. Zotti, Oliveira & Del Pino, (2019) usaram 2 aulas (50 minutos cada) e Souza Firmino, Barbosa & Rodrigues, (2019) usaram 3 dias para preparar os alunos na elaboração dos mapas enquanto da Silva Dantas, Germano & da Silva Cordeiro (2017) utilizaram mapas conceituais produzidos por alunos (em colaboração) como recursos para avaliação da aprendizagem em Física.

Em outro tipo de estudo conduzido por Salamanca-Ávila et al., (2013) os alunos foram, primeiramente, apresentados à técnica de mapeamento e ao programa CmapTools (IHMC, Pensacola, FL, EUA) e tiveram cerca de meia hora para praticar a construção de um mapa conceitual. Após esse treino, eles receberam uma lista de conceitos que deveriam ser usados no próprio mapa, mas ainda tinham liberdade de inserir outros dentro de um limite. A construção desse novo mapa durou em torno de 1 hora e meia e tratou do assunto de Ecologia. Apesar da oferta da lista de conceitos, esse contexto abre a possibilidade de os alunos optarem por não inserir aqueles conceitos mais relevantes ao professor e que sejam importantes para compreender outros assuntos justamente porque não dominam o conteúdo em sua totalidade. Com isso, a avaliação em torno do seu conhecimento pode ser mais difícil pelo professor.

Para utilizar o mapa conceitual elaborado pelo aluno, é necessário que seja ofertado tempo suficiente para a execução dessa atividade, ou seja, o tempo para a elaboração de um mapa conceitual deve ser compatível com o tempo mínimo necessário para se elaborar atividades tradicionais de avaliação em sala de aula. Isso se justifica porque o aluno precisa recuperar informações, selecionar/organizar os conceitos mais relevantes, adicionar/excluir conceitos de acordo com o que se quer representar, estabelecer relações entre os conceitos e organizar toda sua estrutura hierárquica e mesmo assim, eles ainda podem demorar horas para entregar um mapa conceitual sobre um dado tema. Quando o aluno é o principal mapeador, ele precisa em algum momento decidir se suas concepções precisam ser reconstruídas e/ou reestruturadas, bem como considerar os aspectos mais relevantes que precisam aparecer em seu mapa (Corio et al., 2012). Na literatura existem outros estudos que exemplificam bem essa exigência de tempo para que os alunos possam fazer um mapa conceitual. Por exemplo, um estudo realizado com alunos universitários traz a informação que eles levaram um pouco mais de 5 horas para elaborar um mapa conceitual sobre uma temática ambiental, utilizando o programa CmapTools e diferentes materiais de apoio (Murg-Menoyo, Bautista-Cerro & Novo, 2011). Também é importante levar em consideração o tempo necessário para pontuar ou avaliar os mapas produzidos pelos alunos. Se a avaliação for do conteúdo mapeado pode levar mais de 1 (uma) hora para ser finalizada, considerando a quantidade de mapas elaborados (McClure, Sonak & Suen, 1999). Isso ocorre porque é complicado e trabalhoso ao professor avaliar os mapas dos alunos durante o momento de aula (Pailai et al., 2017; Solaz Portolés & Sanjosé López, 2007). Por vezes a intensa rotina do professor faz com que o uso do mapa conceitual acabe sendo uma forma de mudar a dinâmica de trabalho em sala de aula, e ao solicitar que os alunos elaborem mapas, o professor “ganha” muitas atividades para corrigir e não consegue devolvê-las a tempo de algum aproveitamento em sala de aula. Se não há devolutivas, a atividade restringe-se à observação e checagem de quem realizou o que foi solicitado pelo professor (Correia, Silva & Romano Jr, 2010). Devido a isso, não há motivação alguma para incorporar esse recurso em sala de aula, dificultando a diversificação de atividades que possam servir de avaliação, bem como a introdução e disseminação do mapa conceitual entre professores (Correia, Nascimento et al, 2020).

O professor precisa de alguns cuidados e muita atenção quando se trata da avaliação dos mapas elaborados pelos alunos, mesmo que haja algum treinamento/preparo prévio sobre a elaboração de mapas conceituais. Segundo Correia & Nardi, 2019, o professor deve se atentar aos seguintes itens ao avaliar o mapa do aluno: verificar se as proposições estão conceitualmente corretas ou incorretas, analisar se as proposições possuem clareza semântica e se estão fora do contexto da pergunta focal do mapa, por exemplo. Isso deve garantir confiabilidade na avaliação do professor. Em termos de uma avaliação qualitativa, não há mapa certo ou errado, há o mapa do momento, indicando um registro de como os conceitos estão organizados na estrutura cognitiva do aluno (Júnior & Gobara, 2016).

Buscando minimizar todo esse desafio do tempo necessário para que os alunos elaborem os mapas e, estes sejam corrigidos/avaliados a tempo de alguma consideração importante do professor, em 2016, nosso grupo de pesquisa propôs uma estratégia que pode ser utilizada em qualquer modalidade de ensino e contexto educacional. Neste caso, o principal mapeador passa a ser o professor e não mais o aluno (Correia et al, 2016; Correia, Ballego & Nascimento, 2020; Correia, Aguiar & Moon, 2020). Ao elaborar o mapa conceitual, o professor seleciona os conceitos mais relevantes que estejam de acordo com o seu planejamento e objetivos instrucionais e que os alunos precisam dominar. Com o seu mapa pronto, o professor inclui, intencionalmente, erros nas proposições que possuem conceitos específicos e importantes para o assunto que está sendo estudado. Isso garante que a estrutura de conhecimento do aluno seja deduzida e o seu desempenho revele o seu entendimento envolvendo os conceitos inseridos no mapa conceitual (Ruiz-Primo & Shavelson, 1996). Ao professor mapeador, passa a existir uma praticidade na obtenção de dados relacionados ao conhecimento cognitivo dos seus alunos, que contribuem para qualquer tomada de decisão em torno do seu planejamento curricular e instrucional (Correia, Infante-Malachias & Godoy, 2008). Quando não houver domínio de algum conteúdo específico por parte dos alunos, o professor consegue detectar rapidamente usando os erros inseridos no mapa conceitual, pois o padrão considerado correto (gabarito) já está pronto e a correção é mais rápida.

O Quadro 1 apresenta de forma sucinta um comparativo da necessidade de tempo quando o aluno é mapeador e o professor é mapeador.

**Quadro 1.** Comparação de tempo necessário à realização de atividades quando o aluno é mapeador e o professor é mapeador.

Atividades	Necessidade de tempo	
	Aluno mapeador	Professor mapeador
Treinamento na técnica	Alta	Baixa
Elaboração de um mapa conceitual	Alta	Baixa
Avaliação do conhecimento	Alta	Baixa
Entrega de devolutivas	Alta	Baixa

Fonte: os autores.

Considerando o exposto, defendemos que os mapas conceituais podem ser usados para fins de avaliação diagnóstica, sobretudo quando o professor é o mapeador e faz uso desse recurso ao longo de sua rotina em sala de aula como forma de obter a compreensão dos alunos sobre um dado assunto

a partir da identificação (ou não) de erros inseridos em seu mapa conceitual. Isso favorece também a entrega de devolutivas personalizadas aos alunos, o que pode ajudar a evitar a persistência de lacunas de aprendizagem que forem detectadas pelo professor (Correia, Nascimento et al, 2020).

### Procedimentos Metodológicos

Este estudo ocorreu no âmbito do Ensino Superior com alunos (n = 86) ingressantes dos cursos ofertados na Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH) da Universidade de São Paulo (USP). Esses alunos estavam matriculados na disciplina de Ciências da Natureza: Ciência, Cultura e Sociedade que é uma disciplina que compõe o Ciclo Básico da Instituição e tem por objetivo promover a alfabetização científica a partir de uma visão ampla do impacto causado por fatores científicos e tecnológicos no desenvolvimento em nossa sociedade (Correia et al, 2020).

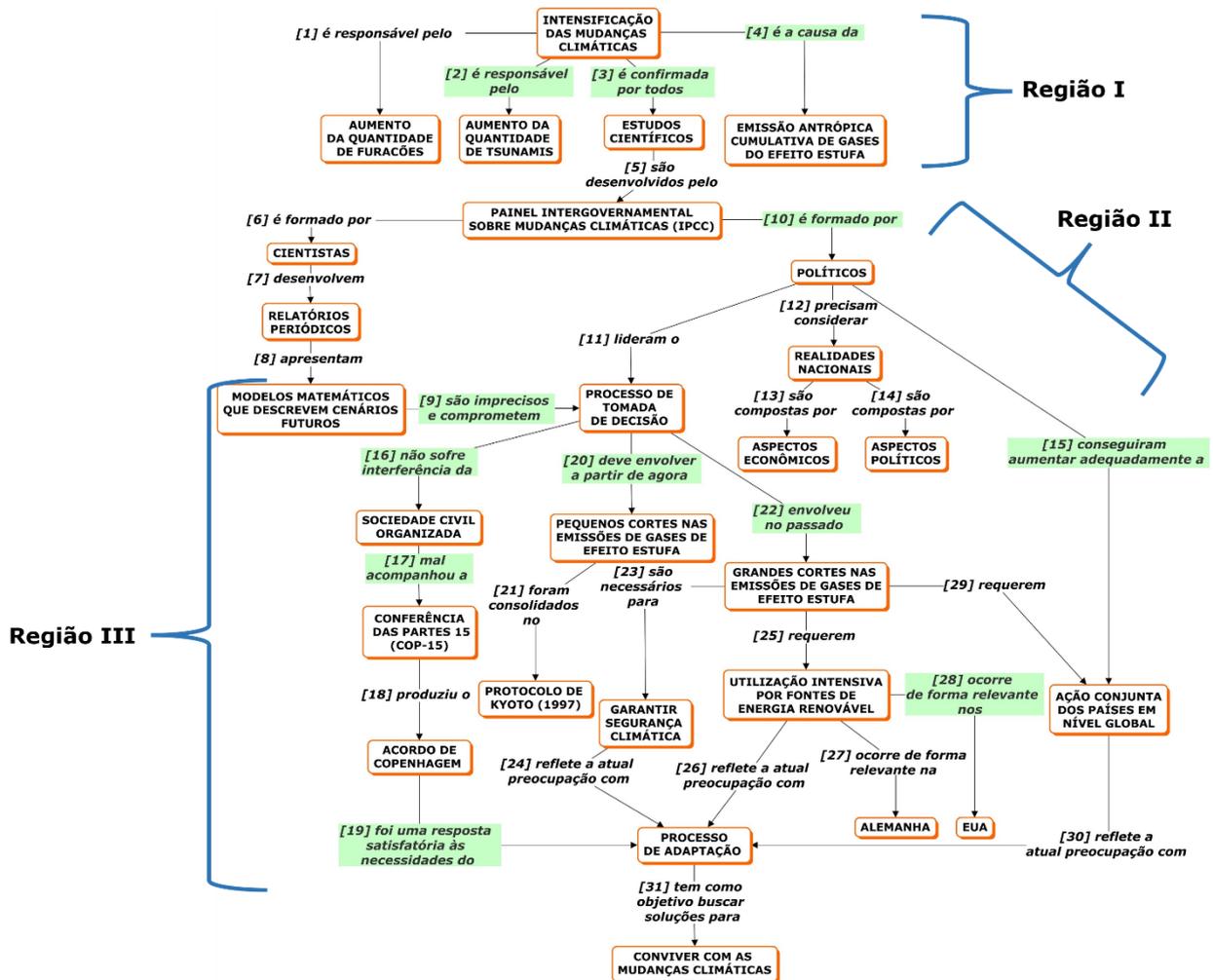
Essa disciplina é oferecida de acordo com o modelo de sala de aula invertida em que os alunos precisam se preparar a partir de materiais selecionados pelo professor. Esses materiais (textos e/ou vídeos) são disponibilizados no ambiente virtual da disciplina, e-Disciplinas (ou Moodle da USP) e apoiam todo o planejamento do professor, a preparação dos alunos às discussões em sala de aula e os estudos pós aula. A disciplina é composta por 15 aulas de 100 minutos cada, distribuídas igualmente em três blocos temáticos: (1) Astronomia e o desenvolvimento da ciência moderna; (2) Mudanças climáticas e o desafio dos “wicked problems”; e, (3) Avanços da biologia molecular e dilemas bioéticos. Ao término de cada bloco é realizada uma avaliação que aborda todo o conteúdo trabalhado.

A coleta de dados deste trabalho ocorreu durante a avaliação da disciplina no bloco 2 que tratou sobre mudanças climáticas. Antes do início dessa avaliação, os alunos receberam as seguintes instruções do professor:

- (1) informes sobre os procedimentos e objetivos da avaliação.
- (2) como a atividade deveria ser acessada e realizada no ambiente virtual.

Sobre o uso do mapa conceitual, os alunos já estavam familiarizados, pois no bloco anterior também foram avaliados com esse instrumento. Mesmo assim, esta etapa de orientação durou aproximadamente 20 minutos por conta das informações do professor aos alunos e do acesso à avaliação. Esse tempo foi necessário para garantir que todos os alunos presentes: (a) acessassem o ambiente da avaliação e (b) visualizassem a tarefa.

O mapa conceitual utilizado como instrumento de avaliação e de coleta dos dados (Figura 1) deste trabalho foi elaborado pelo professor da disciplina com o auxílio do programa CmapTools e continha 27 conceitos ligados entre si por termos de ligação, formando 31 proposições, sendo 12 delas com erros. Com o mapa pronto foi possível estabelecer previamente 3 regiões temáticas importantes que abrangem os erros inseridos pelo professor e que são relevantes para este trabalho: **Região I:** Intensificação das mudanças climáticas (proposições P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> e P<sub>4</sub>), **Região II:** Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas, IPCC (proposições P<sub>10</sub> e P<sub>15</sub>) e **Região III:** Processo de tomada de decisão e energia renovável (proposições P<sub>9</sub>, P<sub>16</sub>, P<sub>17</sub>, P<sub>19</sub>, P<sub>20</sub>, P<sub>22</sub> e P<sub>28</sub>).



**Figura 1.** Mapa conceitual com as regiões temáticas e os erros em destaque. Pergunta focal: Como a sociedade contemporânea está respondendo a intensificação das mudanças climáticas? Fonte: Adaptado do professor da disciplina. Autor: professor da disciplina.

Essa avaliação teve como principal instrução do professor: “Ache os erros do mapa”. Para isso, os alunos fizeram a leitura do mapa diretamente na tela do computador e indicavam em outra tela as proposições que julgavam incorretas, de forma a atender a instrução dada. A duração desta avaliação foi de 15 minutos controlados pelo professor.

### Análise de Dados

As respostas dos alunos foram coletadas via planilha de dados de Excel e codificadas utilizando um sistema binário que consistiu em atribuir valor 1 (um) aos erros identificados pelos alunos e valor 0 (zero) àqueles que não foram identificados. A partir dessa codificação foi possível obter: (i) o desempenho da turma, (nota e média geral) e (ii) diferentes níveis de dificuldade associados ao conteúdo dos erros inseridos no mapa. Diferentes níveis de dificuldades também foram observados em um trabalho realizado por Correia, Cabral & Aguiar (2016) que tratou do uso de mapa com erros sobre Criacionismo e Evolucionismo.

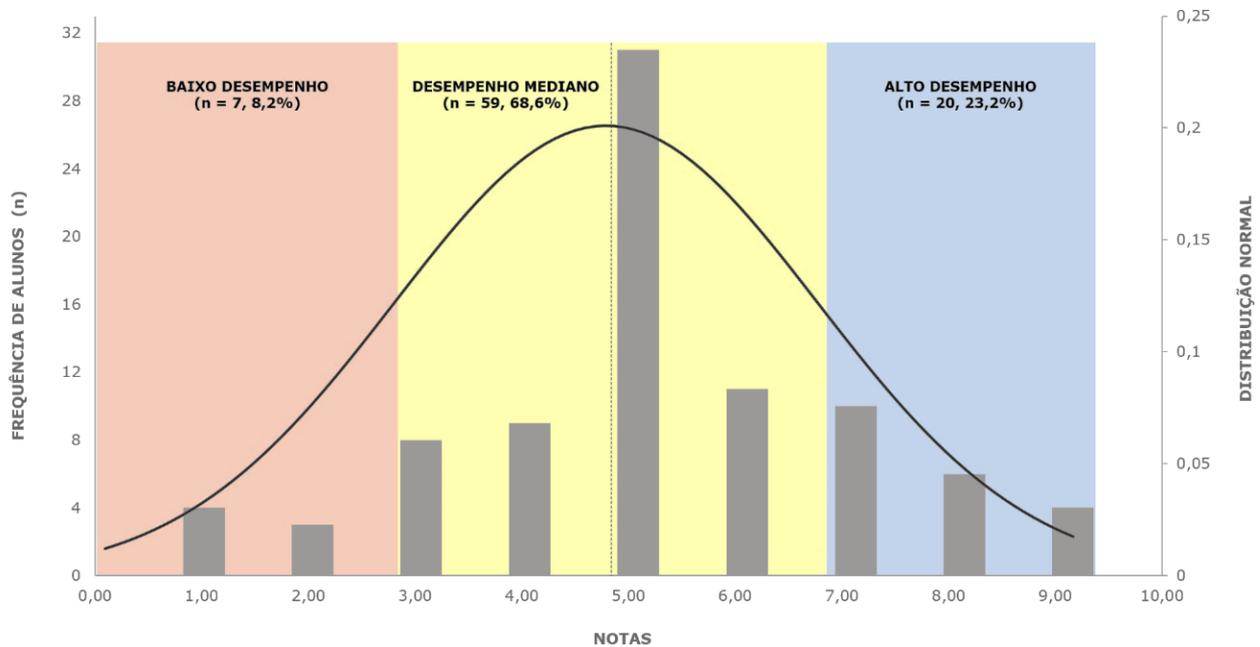
A atividade usando mapa com erros exige do aluno que ele lembre e compreenda os conceitos que estão relacionados em uma rede de proposições feita pelo professor e execute a instrução dada. Sendo assim, é esperado também que o aluno esteja ciente do conteúdo, do seu domínio e das habilidades necessárias à realização da atividade.

Por fim, foi realizada também uma Análise por Agrupamento Hierárquico (AHA) que revelou a existência de padrões de desempenho entre os alunos. Esta análise foi realizada com o auxílio do programa Pirouette 3.1.1, utilizando a média aritmética obtida por aluno em cada conteúdo tratado nas regiões do mapa conceitual. Diante disso, ainda foi possível identificar agrupamentos naturais entre os alunos de acordo com o desempenho obtido na avaliação. Isso favoreceu também a realização da análise de variância (ANOVA) e o teste Post-Hoc de Tukey, ambos úteis para comparar os valores médios entre os grupos de alunos, bem como investigar possíveis diferenças significativas entre eles (Field, 2009). Para essas últimas análises foi utilizado o programa IBM SPSS Statistics versão 22.0 (IBM Corporation, Armonk, NY, EUA).

## Resultados e Discussão

### Desempenho da turma

O desempenho dos alunos variou, em nota, de 0,00 (zero) a 9,2, conforme critérios estabelecidos previamente pelo professor da disciplina. A média da turma ficou em 4,8 ( $\pm 2,0$ ). O gráfico da Figura 2 apresenta uma visão geral do desempenho da turma na avaliação.



**Figura 2.** Desempenho da turma (em nota) na avaliação. Fonte: os autores.

A partir do gráfico verificou-se um desempenho heterogêneo, mesmo que a maioria dos alunos esteja distribuída em torno da média (região amarela). Muitos alunos ( $n = 59$ ) conseguiram recuperar informações relevantes das aulas (alguns mais, outros menos) para realizar a identificação dos erros no mapa conceitual. Desse total, 31 alunos apresentaram nota ligeiramente acima da média (barra maior na região amarela). Também foi verificado que 7 alunos apresentaram baixo desempenho, com notas muito abaixo da média obtida pela turma (região rosada), sendo que parte desses alunos zerou a avaliação ( $n = 5$ ). Esses alunos com baixo desempenho foram identificados rapidamente em situação de risco de aprendizagem, o que leva o professor a ter que tomar decisões rápidas em torno do seu planejamento a fim de recuperá-los com urgência ainda durante o processo de ensino-aprendizagem. O baixo desempenho apresentado por esses alunos pode ter ocorrido porque as novas informações tratadas nas aulas não interagiram com os seus conhecimentos prévios e tampouco foram assimiladas para estabelecer algum significado que pudesse ser recuperado por eles durante a avaliação. Ou ainda, os significados até podem ter sido estabelecidos, mas da forma

incorreta, como Novak elucidou em sua Teoria Educacional, em que a aprendizagem significativa não é sinônimo de que o aluno aprendeu corretamente, porque também pode ocorrer a aprendizagem da forma errada (Moreira, 1999).

Constatou-se também que 20 alunos apresentaram alto desempenho, com notas muito acima da média (região azul). Os resultados sugerem que houve uma forte interação das novas informações com seus conhecimentos prévios, o que permitiu estabelecer novos significados que puderam ser utilizados por eles ao julgarem as proposições do mapa na tentativa de encontrar os erros durante a avaliação (Ausubel, 2003; Moreira, 1999).

### ***Níveis de dificuldade dos conteúdos associados aos erros do mapa***

Com a visão geral do desempenho da turma, obteve-se a posteriori, o percentual de identificação (PI) médio para cada erro do mapa ( $48\% \pm 16$ ). Isso possibilitou a caracterização qualitativa dos erros em diferentes níveis de dificuldade que variaram do alto (conteúdo mais difícil para identificar) ao baixo (conteúdo mais fácil para identificar), conforme informações a seguir:

- Alto (proposição P<sub>2</sub> e P<sub>4</sub>):  $PI < 32\%$ ;
- Alto/Médio (proposição P<sub>3</sub>, P<sub>10</sub>, P<sub>15</sub> e P<sub>20</sub>):  $32\% \leq PI < 48\%$ ;
- Médio (proposição P<sub>19</sub>):  $PI = 48\%$ ;
- Médio/Baixo (proposição P<sub>9</sub> e P<sub>22</sub>):  $48\% < PI \leq 64\%$ , e
- Baixo (proposição P<sub>16</sub>, P<sub>17</sub> e P<sub>28</sub>):  $PI > 64\%$ .

### ***Entendimento dos alunos sobre a Intensificação das mudanças climáticas – Região I***

A Região I contempla os erros inseridos nas proposições P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> e P<sub>4</sub> e trata da intensificação das mudanças climáticas e suas possíveis causas e/ou consequências. Com isso, consideremos primeiramente o erro inserido em P<sub>2</sub> (Intensificação das mudanças climáticas – é responsável pelo → aumento da quantidade de tsunamis) que foi caracterizado com nível alto de dificuldade (PI=24%). Essa proposição tratou da dinâmica externa e interna da Terra e, de acordo com os dados, a maioria dos alunos não entendeu que a formação de tsunamis (dinâmica interna da Terra) e a intensificação das mudanças climáticas (dinâmica externa da Terra) são fenômenos diferentes. O não entendimento desses fenômenos é comum e desafiador aos alunos de qualquer nível escolar, porque eles não fazem as devidas relações entre os processos internos e externos da Terra (Francek, 2013). Em um trabalho realizado por Chang & Pascua (2015), são apresentados alguns equívocos de alunos sobre as mudanças climáticas e questões ambientais como as atividades tectônicas. Alguns alunos acreditam que as mudanças climáticas causam erupções vulcânicas e os tsunamis. Isso acontece porque para eles o aumento das precipitações faz aumentar a quantidade de água no oceano, o que poderia desencadear o tsunami, ou ainda, que o aumento da temperatura pode afetar a crosta terrestre, desencadeando atividades vulcânicas.

O erro inserido em P<sub>3</sub> (Intensificação das mudanças climáticas – é confirmada por todos → estudos científicos) foi caracterizado com nível alto/médio de dificuldade (PI=37%). Essa proposição tratou da verdade científica e seu conteúdo não foi recuperado pela maioria dos alunos, pois não foi considerada a existência dos cientistas céticos, por exemplo. Esses cientistas, normalmente, não creditam valor aos estudos desenvolvidos pelo IPCC. Eles negam as informações transpondo uma mobilização à pseudociência, de forma que os relatórios emitidos, a partir dos estudos realizados, sejam deslegitimados (Leite, 2015).

O erro da proposição P<sub>4</sub> (Intensificação das mudanças climáticas – é a causa da → emissão antrópica de gases de efeito estufa) foi caracterizado, conforme os dados, com nível alto de dificuldade (PI=30%), pois era esperado que os alunos analisassem de forma assertiva a inversão de seta entre os conceitos que invalidou o conteúdo da proposição. Essa proposição tratou da relação de causa e efeito entre as mudanças climáticas e as ações antrópicas. A influência antrópica na intensificação das mudanças climáticas é destaque na retórica de trabalhos que tratam do assunto, assim como em diversos relatórios emitidos pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Esses documentos revelam a existência de danos irreversíveis ao planeta decorrentes das emissões antrópicas de gases de efeito estufa em diferentes partes do planeta (Chang & Pascua, 2015; Galbiatti-Silveira, 2018). Isso dificulta ainda mais a compreensão de alunos que tendem a pensar que o ar não existe e que os gases se deslocam, por exemplo (Kriner, Castorina & Cerne, 2003). Além disso, a intensificação das mudanças climáticas e o aquecimento global, dão indícios de que as alterações de grandes proporções na superfície terrestre são ocasionadas pela ação humana há muito tempo. Isso provoca um aumento na concentração de gases de efeito estufa que vai influenciar nas temperaturas e circulações oceânicas, que por sua vez, modificam circulações atmosféricas e resultam em impactos para diferentes ecossistemas (Jacobi, 2014). Algo semelhante foi observado em um trabalho desenvolvido por Moretti, Dante & Rocha (2021), em que os alunos associaram o conceito de poluição as ações humanas e o quanto essas ações impactam direta ou indiretamente o meio ambiente e toda biodiversidade. Também foi relatado pelos alunos o quanto essas ações humanas contribuem para o aquecimento global e acentua o efeito estufa.

### ***Entendimento dos alunos sobre o Painel Intergovernamental (IPCC) - Região II***

A Região II trata do Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas (IPCC) e abrange os erros inseridos nas proposições P<sub>10</sub> (PI=43%) e P<sub>15</sub> (PI=38%). A primeira tratou da composição do próprio IPCC e a segunda, tratou das ações que podem ser deliberadas pelos políticos a partir dos relatórios emitidos periodicamente pela instituição. Este painel tem uma importância muito grande em termos da divulgação de dados sobre as mudanças climáticas no planeta e como essas informações são utilizadas no processo de tomada de decisão (Região III do mapa). O erro da proposição P<sub>10</sub> (Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas (IPCC) – é formado por → políticos) tratou da própria formação do IPCC. Nesse caso, nem todos os alunos lembraram que a entidade possui diferentes cientistas/pesquisadores como integrantes e não políticos como sugeriu a proposição. O IPCC é formado por cientistas de centenas de países que organizam periodicamente o conhecimento científico produzido sobre as mudanças climáticas (Leite, 2015). O problema pode ter sido com relação ao próprio IPCC, pois ele pertence a Organização das Nações Unidas (ONU). Os alunos podem ter confundido os membros que formam o Painel Intergovernamental (cientistas/pesquisadores) com aqueles que compõem a ONU (políticos). O erro inserido na proposição P<sub>15</sub> (políticos – conseguiram aumentar adequadamente a → ação conjunta dos países em nível global) pode não ter ficado claro para vários alunos, pois muitos não entenderam ou não lembraram quais são as responsabilidades dos políticos frente ao cenário das mudanças climáticas. Neste caso, as decisões são deliberadas por políticos em nível local e não global como foi apresentado na proposição. Um exemplo disso foi uma estratégia adotada pelo Brasil, a nível local e de forma voluntária, a partir da Lei 12.187 que instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima de 2009. A partir dessa Lei o país se comprometeu a reduzir suas emissões de gases de efeito estufa (Obermaier & Rosa, 2013).

### ***Entendimento dos alunos sobre o processo de tomada de decisão e energia – Região III***

A Região III contempla os erros inseridos nas proposições P<sub>9</sub> (PI=60%), P<sub>16</sub> (PI=68%), P<sub>17</sub> (PI=73%), P<sub>19</sub> (PI=48%), P<sub>20</sub> (PI=37%), P<sub>22</sub> (PI=52%) e P<sub>28</sub> (PI=65%). Esta região abrange o processo de tomada de decisão (dos políticos) frente a informações e modelos matemáticos contidos em documentos emitidos pelo IPCC e da utilização intensiva de fontes renováveis de energia.

O erro da proposição P<sub>9</sub> (modelos matemáticos que descrevem cenários futuros – são imprecisos e comprometem → processo de tomada de decisão) traz exatamente a importância da compreensão acerca dos modelos matemáticos que descrevem cenários futuros sobre o clima, caso tudo continue da mesma forma. De acordo com os dados, a maioria dos alunos lembrou que o IPCC responde pela maior parte desses estudos climáticos. Por outro lado, o que pode ter levado uma parte dos alunos não identificar esse erro é ter entendido que os modelos matemáticos descrevem o futuro do clima com precisão. Isso não é verdade, pois esses modelos não trazem certezas e sim projeções que podem influenciar os políticos a tomarem qualquer tipo de decisão. O clima é um sistema muito complexo e desordenado e o que a Ciência faz é indicar cenários possíveis considerando uma ou mais situações (Leite, 2015). O conteúdo em torno do processo de tomada de decisão foi abordado corretamente na proposição P<sub>11</sub> (políticos – lideram o → processo de tomada de decisão). O que pode ter sido um complicador aos alunos, é que o conceito final da P<sub>9</sub> (incorreta) e P<sub>11</sub> (correta) era o mesmo (processo de tomada de decisão).

Os erros das proposições P<sub>16</sub> e P<sub>17</sub> trataram da Conferência do Clima - COP 15 e apresentaram os maiores percentuais de identificação da avaliação, indicando que esse conteúdo foi o mais fácil para os alunos identificarem. Ambas as proposições apresentaram o conceito sociedade civil organizada e trouxeram a importância das diferentes mídias que divulgaram a Conferência e conseguiram atingir muitas pessoas ao redor do mundo, interferindo na opinião pública e influenciando a tomada de decisão dos políticos acerca das mudanças climáticas. Além disso, os altos percentuais apresentados podem ter sido resultados de uma boa compreensão e recuperação do conteúdo, considerando que esse assunto foi tratado em materiais de aulas sequenciais que antecederam a avaliação. Mesmo assim, alguns alunos não conseguiram recuperar informações úteis para o correto julgamento dessas proposições. Na proposição P<sub>16</sub> (processo de tomada de decisão – não sofre interferência da → sociedade civil organizada) o problema pode ter sido a dificuldade em lembrar que as decisões são tomadas por políticos e, estes podem ser influenciados pela opinião pública. A força das capacidades das autoridades nacionais e sociedade civil com relação à ação climática, apoia a implementação de ações que implicam em limitar o aquecimento global (Brasil, 2019). Outro fator que pode ter dificultado a obtenção de um percentual ainda maior, pode ter sido o próprio sentido negativo do conteúdo tratado nessa proposição. Neste caso, há uma negação em relação a interferência da sociedade civil na tomada de decisão dos políticos. Com relação a proposição P<sub>17</sub> (sociedade civil organizada – mal acompanhou a → conferência das partes 15 (COP 15)), conforme os dados obtidos, a maioria dos alunos lembrou que as diferentes mídias cumpriram um papel importante na distribuição de notícias referentes ao clima para diferentes partes do mundo, o que promoveu uma ampla divulgação e acompanhamento por parte da sociedade civil diante da Conferência do Clima. Isso também contribuiu para dar mais destaque às pesquisas sobre as mudanças climáticas e aos pesquisadores envolvidos (Leite, 2015).

Na proposição P<sub>19</sub> (Acordo de Copenhague – foi uma resposta satisfatória às necessidades do → processo de adaptação) verificou-se que nem todos os alunos lembraram da baixa eficácia do Acordo de Copenhague no processo de adaptação às mudanças climáticas. Mesmo assim, o Acordo apresentou alguns avanços, como foi o caso do Brasil que assumiu o compromisso voluntário de mitigar as emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% (Brasil, 2010).

O erro contido na proposição P<sub>20</sub> (processo de tomada de decisão – deve envolver a partir de agora → pequenos cortes nas emissões de gases de efeito estufa) tratou dos pequenos cortes nas emissões de gases de efeito estufa. Os alunos não recuperaram informações úteis sobre os pequenos cortes, que por sua vez, foram suficientes no passado e não são mais no presente. O conteúdo desta proposição tinha relação direta com o que foi tratado na proposição P<sub>22</sub>, tanto que os conceitos finais de ambas estavam invertidos entre si. A proposição P<sub>22</sub> (processo de tomada de decisão – envolveu no passado → grandes cortes nas emissões de gases de efeito estufa), por sua vez, tratou dos grandes cortes das emissões de gases de efeito estufa no passado. O tempo verbal inserido no termo de ligação em P<sub>20</sub> (deve envolver a partir de agora) e P<sub>22</sub> (envolveu no passado) pode ter contribuído para uma

má interpretação dos alunos com relação a qual momento da história a necessidade dos cortes foi maior ou menor. Quanto menor for a emissão de gases de efeito estufa antes de 2030, menor será o desafio de limitar o aquecimento global a 1,5°C, por exemplo. Isso tem impacto direto no desenvolvimento sustentável, que por sua vez, implica em aumento de investimentos em adaptação e mitigação, instrumentos de políticas, aceleração na inovação tecnológica e mudanças de comportamento (Brasil, 2019). O Protocolo de Kyoto (tratado corretamente na proposição P<sub>21</sub>), por exemplo, foi um documento assinado em 1997 por alguns países e teve como objetivo reunir as nações que concordavam e se comprometeriam em diminuir as emissões de gases de efeito estufa (García Carmona, 2005).

O erro inserido em P<sub>28</sub> (utilização intensiva por fontes de energia renovável – ocorre de forma relevante nos → EUA) revelou que muitos alunos conseguiram recuperar e entender sobre o não uso intensivo de energia renovável pelos EUA. A maioria dos alunos lembrou que os EUA são muito dependentes de uma matriz energética predominantemente fóssil para seu suprimento de energia. O país também é autossuficiente em carvão e responde por apenas uma pequena quantidade de energia renovável em sua matriz energética (Steeves & Ouriques, 2016). Isso invalida o conteúdo tratado nessa proposição. O contrário é verdade na Alemanha, e o conteúdo neste caso, foi tratado corretamente na proposição P<sub>27</sub> (utilização intensiva por fontes de energia renovável – ocorre de forma relevante na → Alemanha), o que também pode ter sido um complicador aos alunos no momento da avaliação. Vale destacar que o conceito inicial (utilização intensiva por fontes de energia renovável) foi o mesmo para ambas (P<sub>27</sub> – correta e P<sub>28</sub> - incorreta), o que pode ter dificultado a obtenção de um percentual maior para a proposição P<sub>28</sub>.

#### ***Identificação de grupos de alunos por padrão de desempenho e comparação das médias entre os grupos***

Com a Análise por Agrupamento Hierárquico (AHA), os resultados revelaram a existência de seis grupos de alunos (G<sub>1</sub> – G<sub>6</sub>). A partir disso, as médias entre esses grupos foram comparadas entre si, a fim de obter possíveis diferenças e o quanto o conteúdo de cada região temática foi mais fácil ou difícil para esses grupos de alunos.

A Tabela 1 apresenta os valores obtidos a partir da ANOVA e Teste Post Hoc de Tukey. Isso foi importante pois favoreceu a comparação das médias e a possibilidade de verificar diferenças significativas entre os grupos de alunos. O desempenho entre os grupos e a análise qualitativa está representada por subgrupos indicados pelas letras A, B e C na tabela. O subgrupo A indica desempenho acima da média enquanto B e C representa desempenho abaixo da média.

**Tabela 1.** Comparação entre as médias dos grupos G<sub>1</sub>-G<sub>6</sub> por ANOVA e Teste Post – Hoc de Tukey. (**Região I:** Intensificação das mudanças climáticas. **Região II:** Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas, IPCC. **Região III:** Processo de tomada de decisão e energia renovável.

Grupos de alunos, G <sub>n</sub>	Regiões Temáticas do mapa			Média/Grupo
	Região I	Região II	Região III	
G <sub>1</sub> (n = 10)	0,53±0,26	0,90±0,21	0,79±0,22	0,74±0,06
	<i>A</i>	<i>A</i>	<i>A</i>	-
G <sub>2</sub> (n = 13)	0,41±0,28	0,54±0,32	0,54±0,16	0,50±0,09
	<i>A, B</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	-
G <sub>3</sub> (n = 22)	0,29±0,19	0,39±0,38	0,62±0,12	0,43±0,13
	<i>A, B</i>	<i>B, C</i>	<i>A, B</i>	-
G <sub>4</sub> (n = 07)	0,24±0,25	0,36±0,24	0,73±0,24	0,44±0,01
	<i>B</i>	<i>B, C</i>	<i>A, B</i>	-
G <sub>5</sub> (n = 15)	0,22±0,24	0,33±0,24	0,70±0,16	0,42±0,05
	<i>B</i>	<i>B, C</i>	<i>A, B</i>	-
G <sub>6</sub> (n = 18)	0,22±0,26	0,11±0,27	0,25±0,18	0,20±0,05
	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	-
<b>Média/Região do mapa</b>	0,31±0,26	0,40±0,37	0,57±0,24	

Fonte: os autores.

A partir dos dados tabelados e dos testes realizados, obteve-se que os grupos são estatisticamente diferentes entre si ( $p < 0,05$ ). O grupo G<sub>1</sub> (n = 10) apresentou o melhor desempenho (média = 0,74±0,06), enquanto o grupo G<sub>6</sub> (n = 18) apresentou o desempenho mais baixo na avaliação (média = 0,20±0,05). Os outros grupos (G<sub>2</sub>, G<sub>3</sub>, G<sub>4</sub> e G<sub>5</sub>) apresentaram desempenhos em torno da média e com semelhanças estatísticas entre si. Essa diferença entre os grupos revela a importância de se ler o desempenho não só da turma, mas sim, em pequenos grupos de alunos, pois o que é conhecido por um grupo, não necessariamente é por outro (Luckesi, 2011; Perrenoud, 1999). Nesse sentido, o baixo desempenho de alguns alunos pode ficar encoberto quando a turma apresenta um bom desempenho e isso dificulta qualquer ação do professor (Autor X2).

Na Região I (proposição P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> e P<sub>4</sub>) a média obtida (0,31±0,26) foi a mais baixa do mapa. Ou seja, o conteúdo sobre a intensificação das mudanças climáticas foi o mais difícil. Isso sugere que no momento da avaliação, muitos alunos ainda traziam dúvidas ou não tinham compreendido da maneira correta esse conteúdo. Na Região II (proposição P<sub>10</sub> e P<sub>15</sub>) o conteúdo sobre o IPCC foi mediano. Ou seja, os valores obtidos a partir do desempenho dos grupos de alunos, sugere que a maioria deles não apresentou as mesmas dificuldades como na Região I. O conteúdo tratado na Região III (proposição P<sub>9</sub>, P<sub>16</sub>, P<sub>17</sub>, P<sub>19</sub>, P<sub>20</sub>, P<sub>22</sub> e P<sub>28</sub>) parece ter sido o mais fácil para os alunos, visto os percentuais dos grupos (exceto G<sub>6</sub> que teve o menor valor). O conteúdo dessa região abordou a tomada de decisão e o uso de fontes renováveis de energia, assuntos que foram trabalhados em diferentes materiais e aulas ao longo do Bloco 2.

Diante do exposto, fez-se uma análise das regiões temáticas e dos pontos fortes e fracos de cada grupo de alunos em termos de recuperação e compreensão do conteúdo abordado em cada parte do mapa. Esses pontos fortes e fracos podem ser tratados como interações entre as informações adquiridas ao longo do período das aulas com os conhecimentos prévios dos alunos. Dependendo do tipo de interação (forte ou fraca), houve o desenvolvimento de significados (corretos ou incorretos) na estrutura cognitiva de cada um, o que permitiu recuperar (ou não) os conceitos relevantes para a realização da avaliação com mapa conceitual (Ausubel, 2003; Moreira, 1999).

O grupo  $G_1$  ( $n = 10$ ) teve um ótimo desempenho na avaliação, porém, é importante destacar neste momento o conteúdo sobre o IPCC ( $0,90 \pm 0,21$ ) contido na Região II. Este grupo teve muita facilidade nesse assunto, sendo esse seu ponto forte. Isso sugere que os alunos desse grupo, tiveram uma boa compreensão e recuperação de informações relevantes durante a avaliação. Outro conteúdo que também pode ser considerado ponto forte (pelos mesmos motivos anteriores) para esse grupo é aquele que consta na Região III (tomada de decisão e o uso de fontes renováveis de energia,  $0,79 \pm 0,22$ ). O ponto fraco desse grupo de alunos, apesar do bom desempenho, foi o conteúdo da Região I (Intensificação das mudanças climáticas,  $0,53 \pm 0,26$ ). Neste caso, assim como para a maioria dos alunos, a formação de tsunamis e o efeito de causa e consequência entre as mudanças climáticas e as emissões antrópicas de gases de efeito estufa ainda não estavam devidamente esclarecidas no momento da avaliação.

O grupo  $G_2$  ( $n = 13$ ) apresentou o segundo melhor desempenho na avaliação, com destaque para as Regiões II ( $0,54 \pm 0,32$ ) e III ( $0,54 \pm 0,16$ ). A formação do Painel Intergovernamental, Conferência do Clima - COP 15, a ação dos políticos frente ao cenário das mudanças climáticas e energias renováveis foram, em alguma medida, compreendidos e recuperados por parte dos alunos deste grupo. O ponto fraco deste grupo foi o conteúdo da Região I (intensificação das mudanças climáticas,  $0,41 \pm 0,28$ ). Isso sugere que não houve assimilação de conhecimento durante as aulas (ou essa assimilação foi muito fraca), por isso não conseguiram recuperar os conceitos relevantes, tampouco, compreendê-los para julgar as proposições da maneira correta.

O grupo  $G_3$  ( $n = 22$ ) teve como ponto forte o conteúdo da Região III ( $0,62 \pm 0,12$ ) sobre tomada de decisão e energias renováveis. Neste caso, a recuperação de conceitos, bem como o entendimento das proposições foi melhor que o grupo anterior. O mesmo pode ser observado para o grupo  $G_4$  ( $n = 7$ ) e  $G_5$  ( $n = 15$ ) em que a Região III também foi o ponto forte para esses grupos, apresentando valores de ( $0,73 \pm 0,24$ ) e ( $0,70 \pm 0,16$ ), respectivamente. Sobre o ponto fraco desses grupos, as Regiões I e II foram aquelas em que os alunos apresentaram maior dificuldade com desempenhos semelhantes ( $0,29 \pm 0,19$ ;  $0,24 \pm 0,25$ ;  $0,22 \pm 0,24$ ), respectivamente.

O grupo  $G_6$  ( $n = 18$ ) apresentou desempenho insatisfatório em todas as regiões do mapa e seu ponto forte (apesar do desempenho geral) foi a Região III ( $0,25 \pm 0,18$ ) que tratou da tomada de decisão e energias renováveis, região em que o conteúdo foi mais fácil para a maioria dos alunos identificarem os erros do mapa. Para as Regiões I e II, os alunos desse grupo apresentaram mais dificuldades em recuperar as informações para o julgamento correto das proposições, sendo então seus pontos fracos.

### **Considerações Finais**

O desenvolvimento deste trabalho mostrou mais um potencial do mapa conceitual e como ele foi usado para revelar o entendimento dos alunos sobre mudanças climáticas ao final de um período de instrução. Os dados forneceram subsídios à obtenção do desempenho da turma, aos níveis de dificuldades do conteúdo dos erros e ainda revelou a existência de grupos de alunos em risco de aprendizagem. Isso só foi possível porque as proposições (corretas ou incorretas) do mapa não possuíam ambiguidades em seu conteúdo, eram claras e cada uma tratou de um só assunto em torno da temática sobre mudanças climáticas.

As vantagens verificadas quando o professor é o mapeador foram: rápida aplicação, rápida correção e liberação de resultados da avaliação, fácil manipulação do nível de dificuldade de cada proposição do mapa, praticidade na obtenção de dados da turma e de grupos de alunos, rápido levantamento dos conteúdos que os alunos apresentaram mais dificuldades e rápida constatação daqueles que apresentaram desempenhos individuais distintos entre si (bons ou ruins) e que estavam em situação de risco de aprendizagem. Aos alunos também foram observadas algumas vantagens, tais como: necessidade somente de ler o mapa conceitual, lembrar/entender fatos e/ou conceitos em torno do assunto abordado, rápida execução da atividade e oportunidade de trocar informações com o professor acerca dos erros cometidos imediatamente ao término da avaliação. Com essas vantagens, o uso do mapa conceitual em sala de aula torna-se mais atraente ao professor de qualquer modalidade. Se ele dispuser de recursos tecnológicos que permitam incluir o mapa no formato digital, é possível ainda ganhar em escala no sentido de distribuição de avaliações e devolutivas para uma grande quantidade de pessoas, além de correções mais rápidas. Isso se torna muito interessante especialmente entre professores universitários que possuem turmas muito numerosas, (presencial ou a distância), porque mal se conhecem os alunos, e o pior, mal se consegue operacionalizar alguma ação de melhoria do processo ensino – aprendizagem (Yilmaz, 2017).

É importante ressaltar que o mapa conceitual com erros não é apresentado neste trabalho como única solução aos desafios da avaliação em sala de aula, mas é um instrumento complementar à rotina do professor de qualquer nível e/ou modalidade de ensino. Ele surge como uma atividade complementar que vai compor um repertório de avaliações planejadas pelo professor. Esse planejamento, por sua vez, deve conter objetivos claros e estratégias que promovam no aluno algum tipo de mudança.

Espera-se com este trabalho que o espaço para estudos com mapa conceitual no ambiente educacional aumente ainda mais, pois aqui foi apresentada uma forma prática e rápida de avaliação usando esse recurso e que é possível o professor inserir como complemento em sua rotina de sala de aula.

## Referências

- Ausubel, D. P. (2003). *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano, 1.
- Batista, I.L., & Araman, E. M. O. (2009). Uma abordagem histórico-pedagógica para o ensino de Ciências nas séries iniciais do Ensino Fundamental. *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, 8(2), 5. Acesso em 18 jun., 2022, <http://reec.educacioneditora.net/>
- Brasil, M. C. T. (2010). *Segunda comunicação nacional do Brasil à convenção-Quadro das nações unidas sobre Mudança do clima*. MCT, Brasília, DF, Brasil.
- Brasil, M. C. T. (2019). *Aquecimento Global de 1,5°C. Relatório especial do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC): Sumário para os Formuladores de Políticas*. (M. A. R. Oliveira, trad., A. N. Araújo et al., ver técnica). Brasília, DF, Brasil. (Trabalho original publicado em 2018).
- Chang, C. H., & Pascua, L. (2015). Singapore students' misconceptions of climate change. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 25(1), 84-96. Acesso em 11 abr., 2019, <https://doi.org/10.1080/10382046.2015.1106206>
- Corio, P., Maximiano, F. A., Porto, P. A., & Fernandez, C. (2012). A organização da ciência Química na visão de graduandos: um estudo utilizando mapas estruturais. *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, 11(1). Acesso em 17 jun., 2022, <http://reec.educacioneditora.net/>

Correia, P. R., Aguiar, J. G., Viana, A. D., & Cabral, G. C. (2016). Por que vale a pena usar mapas conceituais no ensino superior? *Revista de Graduação USP*, 1(1), 41-51. <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2525-376X.v1i1p41-51>

Correia, P. R., Aguiar, J., & Moon, B. (2020). Using Concept Maps With Errors to Identify Misconceptions: The Role of Instructional Design to Create Large-Scale On-Line Solutions. In M. Etkind & U. Shafrir (Eds.), *Pedagogy for Conceptual Thinking and Meaning Equivalence: Emerging Research and Opportunities* (pp. 117-134). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-1985-1.ch006>

Correia, P. R. M., Ballego, R. S., e Nascimento, T. S. (2020). Os Professores Podem Fazer Mapas Conceituais? Sim, Eles Devem! *Revista de Graduação USP*, 4(1), 29-39. <https://doi.org/10.11606/issn.2525-376X.v4i1p29-39>

Correia, P., Cabral, G., Aguiar, J. (2016). Cmaps with Errors: Why not? Comparing Two Cmap-Based Assessment Tasks to Evaluate Conceptual Understanding. In: Cañas, A., Reiska, P., Novak, J. (eds) *Innovating with Concept Mapping*. CMC 2016. Communications in Computer and Information Science, vol 635. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-45501-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-45501-3_1)

Correia, P. R. M., Infante-Malachias, M. E., & Godoy, C. E. C. (2008). From theory to practice: the foundations for training students to make collaborative conceptions maps. In A. J. Cañas, P. R. Reiska, M. Ahlberg & J. D. Novak (Eds.), *Proceedings of the third International Conference on Concept Mapping* (pp. 146– 154). Polissamaa: OU Vali Press.

Correia, Paulo & Nardi, Adriano. (2019). O que revelam os mapas conceituais dos meus alunos? Avaliando o conhecimento declarativo sobre a evolução do universo. *Ciência & Educação* (Bauru). 25. 685-704. <https://doi.org/10.1590/1516-731320190030008>

Correia, P. R. M., Nascimento, T., Ballego, R., Soares, M., & Moon, B. (2020). Como fazer avaliação diagnóstica dos alunos usando mapas conceituais com erros. *Organicom*, 17(32). <https://doi.org/10.11606/issn.2238-2593.organicom.17.170935>

Correia, P. R. M., Silva, A. C. D., & Junior, J. G. R. (2010). Mapas conceituais como ferramenta de avaliação na sala de aula. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 32(4), 4402. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172010000400009>

Correia, P. R. M., Valle, B. X., Dazzani, M., & Infante-Malachias, M. E. (2010). The importance of scientific literacy in fostering education for sustainability: Theoretical considerations and preliminary findings from a Brazilian experience. *Journal of Cleaner Production*, 18(7), 678-685. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.09.011>

da Silva Dantas, C. R.; Germano, M. G. & da Silva Cordeiro, F. M. G. (2017). Mapas conceituais como instrumento de avaliação na construção de conceitos sobre energia com alunos do ensino médio. *Experiências em Ensino de Ciências*, 12(5), 126-144. Acesso em 21 nov., 2022, <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/643>

Field, A. (2009). *Descobrendo a Estatística Utilizando o SPSS*. 2ª edição. Artmed: Porto Alegre.

Francek, Mark. (2013). A Compilation and Review of over 500 Geoscience Misconceptions. *International Journal of Science Education*. <http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2012.736644>

Galbiatti-Silveira, P. (2018). Energia e mudanças climáticas: impactos socioambientais das hidrelétricas e diversificação da matriz energética brasileira. *Opinião Jurídica*, 17(33), 123-147. Acesso em 10 jan, 2021, <https://doi.org/10.22395/ojum.v17n33a5>

García Carmona, A. (2005). Relações CTS no Estudo da Poluição do Ar: Uma Experiência com Estudantes do Ensino Médio. *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, 4 (2), 1-17. Acesso em 20 jun., 2022, <http://reec.educacioneditora.net/>

Jacobi, P. R. (2014). Mudanças climáticas e ensino superior: a combinação entre pesquisa e educação. *Educar em Revista*, n. 3, 57-72. Acesso em 21 nov., 2022, <https://doi.org/10.1590/0104-4060.38107>

Júnior, A. J. V., & Gobara, S. T. (2016). Ensino em modelos como instrumento facilitador da aprendizagem em Biologia Celular. *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, 15(3), 450-475. Acesso em 18 jun., 2022, <http://reec.educacioneditora.net/>

Kinchin, I. M. (2016). *Visualising powerful knowledge to develop the expert student: A knowledge structures perspective on teaching and learning at university*. Springer.

Kriner, A., Castorina, J. A., & Cerne, B. (2003). El adelgazamiento de la capa de ozono: algunos obstáculos para su aprendizaje. *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, 2(2), 136-154. Acesso em 06 jan., 2021, <http://reec.educacioneditora.net/>

Leite, J. C. (2015). Controversies in climatology: IPCC and the anthropogenic global warming. *Scientiae Studia*, 13(3), 643-677. Acesso em 10 jan., 2021, <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-31662015000300008>

Lima Alves, C., de Freitas Filho, J. R., de Freitas, K. C. S., & de Freitas, J. R. (2020). Elaboração e avaliação de mapas conceituais como estratégia de ensino no estudo das propriedades coligativas das soluções. *Experiências em Ensino de Ciências*, 15(02), 302-323. Acesso em 21 nov., 2022, <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/726>

Luckesi, C. C. (2011). *Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições*. 22 ed. São Paulo: Cortez.

McClure, J. R., Sonak, B., Suen, H., K. (1999). Concept map assessment of classroom learning: reliability, validity, and logistical practicality. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(4), 475-492. Acesso em 17 set. 2017, [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199904\)36:4%3C475::AID-TEA5%3E3.0.CO;2-O](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199904)36:4%3C475::AID-TEA5%3E3.0.CO;2-O)

Mendonça, C. A. S., da Silva, A. M., & Palmero, M. L. R. (2007). Uma experiência com mapas conceituais na educação fundamental em uma escola pública municipal. *Experiências em Ensino de Ciências*, 2(2), 37-56. Acesso em 21 nov., 2022, <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/247>

Moran, J. M. (2000). Ensino e aprendizagem inovadores com tecnologias. *Informática na educação: teoria & prática*, 3(1).

Moreira, M. A. (1999). *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: EPU.

Moretti, A. A. S., Dante, Z.F., & Rocha, C. (2021). Um estudo sobre a apropriação de conceitos de termoquímica na perspectiva Ciência Tecnologia Sociedade e Ambiente. *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, 20(1), 99-113. Acesso em 20 jun., 2022, <http://reec.educacioneditora.net/>

Murga-Menoyo, M. Á., Bautista-Cerro, M. J., & Novo, M. (2011). Mapas conceptuales con cmap tools en la enseñanza universitaria de la educación ambiental: estudio de caso en la UNED. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 29(1), 47-59. Acesso em 17 jun., 2020, <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v29n1.438>

Nascimento, T. S., Soares, M. e Correia, P. R. M. O uso de mapas conceituais com erros como ferramenta de avaliação no ensino de ciências. *Caminhos da Educação Matemática em Revista/Online*, v. 10, n. 1, 2020. ISSN 2358-4750.

Novak, J.D. (2010). *Learning, creating and using knowledge: concept maps as facilitative tools in schools and corporations*. 2. Ed. New York: Routledge.

Obermaier, M., & Rosa, L. P. (2013). Mudança climática e adaptação no Brasil: uma análise crítica. *Estudos Avançados*, 27(78), 155-176. Acesso em 10 jan., 2021, <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/68684>

Pailai, J., Wunnasri, W., Yoshida, K., Hayashi, Y., & Hirashima, T. (2017). The practical use of Kit-Build concept map on formative assessment. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 12(1), 1-23. Acesso em 17 set., 2020, <https://doi.org/10.1186/s41039-017-0060-x>

Perrenoud, P. (1999). *Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens-entre duas lógicas*. In *Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens-entre duas lógicas*. São Paulo: Artmed, 1999.

Pinheiro, L. A., & da Costa, S. S. C. (2009). Relato sobre a implementação de uma unidade de aprendizagem sobre partículas elementares e interações fundamentais no ensino médio. *Experiências em Ensino de Ciências*, 4(3), 100-116. Acesso em 21 nov., 2022, <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/323>

Ruiz-Primo, M. A., & Shavelson, R. J. (1996). Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 33(6), 569-600. Acesso em 21 mai., 2017, [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199608\)33:6%3C569::AID-TEA1%3E3.0.CO;2-M](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199608)33:6%3C569::AID-TEA1%3E3.0.CO;2-M)

Salamanca-Ávila, M. E., Vander Borcht, C., Frenay, M., & Hance, T. (2013). Exploration de la structure et du contenu de la représentation de l'écologie, commune à une cohorte d'étudiants. *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, 12(3), 499-523. Acesso em 18 jun., 2022, <https://doi.org/10.4000/rdst.815>

Serbim, F. B. N., & dos Santos, A. C. (2021). Metodologia ativa no ensino de Química: avaliação dos contributos de uma proposta de rotação por estações de aprendizagem. *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, 20(1), 49-72. Acesso em 17 jun., 2022, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7768691>

Silva, J. C., Queiroz, L. V. B., & Gallão, M. I. (2020). Mapas conceituais como ferramenta na promoção de conhecimento e avaliação na disciplina de Biologia da célula. *Experiências em Ensino de Ciências*, 15(1), 227-241. Acesso em 21 nov., 2022, <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/493>

Steeves, B. B., & Ouriques, H. R. (2016). Energy security: China and the United States and the divergence in renewable energy. *Contexto Internacional*, 38(2), 643-662. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-8529.2016380200006>

Solaz Portolés, J. J., & Sanjosé López, V. (2007). Resolución de problemas, modelos mentales e instrucción. *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, 2007, vol. 6, num. 1, p. 70-89. [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART5\\_Vol6\\_N1.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART5_Vol6_N1.pdf)

Souza Firmino, A. R., Barbosa, J. R. A., & de Castro Rodrigues, A. P. (2019). Ensino de Geociências no Ensino Fundamental: Um estudo de caso sobre uso de mapas conceituais e aulas práticas (RJ-Brasil). *Experiências em Ensino de Ciências*, 14(2), 272-291. Acesso em 21 nov., 2022, <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/156>

Yano, E. O., & Amaral, C. L. C. (2011). Mapas conceituais como ferramenta facilitadora na compreensão e interpretação de textos de química. *Experiências em Ensino de Ciências*, 6(3), 75-87. Acesso em 21 nov., 2022, <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/406>

Yilmaz, O. (2017). Learner Centered Classroom in Science Instruction: Providing Devolutiva with Technology Integration. *International Journal of Research in Education and Science*, 3(2), 604-613. Acesso em 20 abr., 2019, <https://www.ijres.net/index.php/ijres/article/view/247>

Zotti, K. S., Oliveira, E. C., & Del Pino, J. C. (2019). A Aprendizagem Significativa no Ensino de densidade. *Experiências em Ensino de Ciências*, 14(3), 502-519. Acesso em 21 nov., <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/282>