

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL
ProfQui

PAULA VIVALDI NASCIMENTO

**ENSINO DE QUÍMICA E ATIVIDADE EXPERIMENTAL
PROBLEMATIZADA AEP: AVALIANDO APRENDIZAGEM DOS
CONTEÚDOS QUÍMICOS POR MEIO DO SOFTWARE PNOTA NO
CONTEXTO DO ENSINO FUNDAMENTAL**

VILA VELHA

2020

PAULA VIVALDI NASCIMENTO

**ENSINO DE QUÍMICA E ATIVIDADE EXPERIMENTAL PROBLEMATIZADA AEP:
AVALIANDO APRENDIZAGEM DOS CONTEÚDOS QUÍMICOS ATRAVÉS DO
SOFTWARE PNOTA NO CONTEXTO DO ENSINO FUNDAMENTAL**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional - ProfQui do Campus Vila Velha do Instituto Federal do Espírito Santo como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Química.

Orientador:

Prof. Dr^a. Fabiana da Silva Kauark.

Coorientador:

Prof. Dr. Paulo Rogério Garcez de Moura.

VILA VELHA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Quezia Barbosa de Oliveira Amaral CRB6-590

N244e Nascimento, Paula Vivaldi

Ensino de química e atividade experimental problematizada
AEP: avaliando aprendizagem dos conteúdos químicos por meio
do software PNOTA no contexto do ensino fundamental. / Paula
Vivaldi Nascimento. – 2020.

124f. : il. ; 30 cm.

Inclui bibliografia.

Orientadora: Fabiana da Silva Kauark.

Monografia (Dissertação) – Instituto Federal do Espírito Santo,
Campus Vila Velha. Mestrado em Química, 2020.

1. Ensino - Química. 2. Software. 3. Ensino fundamental. I.
Kauark, Fabiana da Silva. II. Instituto Federal do Espírito Santo. III.
Título.

CDD: 540



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - CAMPUS VILA VELHA
Avenida Ministro Salgado Filho, 1000, Soteco, Vila Velha, Espírito Santo
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL

PAULA VIVALDI NASCIMENTO

**ENSINO DE QUÍMICA E ATIVIDADE EXPERIMENTAL PROBLEMATIZADA AEP:
AVALIANDO APRENDIZAGEM DOS CONTEÚDOS QUÍMICOS ATRAVÉS DO
SOFTWARE PNOTA NO CONTEXTO DO ENSINO FUNDAMENTAL**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional - ProfQui do Campus Vila Velha do Instituto Federal do Espírito Santo como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Química.

Aprovado em 04 de dezembro de 2020.

COMISSÃO EXAMINADORA

Dr^a. Fabiana da Silva Kauark
Instituto Federal do Espírito Santo

Prof. Dr. Paulo Rogério Garcez de Moura
DQUIPPGQUI/UFES/ SIAPE nº 2352731

Dr. Paulo Rogério Garcez de Moura
Universidade Federal do Espírito Santo

Assinado de forma digital por

DIEMERSON SAQUETTO:09397376713

Dados: 2021.01.17 21:39:52 -03'00'

Dr. Diemerson Saquetto
Instituto Federal do Espírito Santo

Dr. Elias Silva de Oliveira
Universidade Federal do Espírito Santo

Dr. André Luís Silva da Silva
Universidade Federal do Pampa



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - CAMPUS VILA VELHA
Avenida Ministro Salgado Filho, 1000, Soteco, Vila Velha, Espírito Santo
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL

PAULA VIVALDI NASCIMENTO

NASCIMENTO, PAULA VIVALDI; KAUARK, FABIANA DA SILVA. ENSINO DE QUÍMICA E ATIVIDADE EXPERIMENTAL PROBLEMATIZADA AEP: AVALIANDO APRENDIZAGEM DOS CONTEÚDOS QUÍMICOS ATRAVÉS DO SOFTWARE PNOTA NO CONTEXTO DO ENSINO FUNDAMENTAL. VILA VELHA: IFES, 2020.

Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Química em Rede Nacional - ProfQui do Campus Vila Velha do Instituto Federal do Espírito Santo como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Química.

Aprovado em 04 de dezembro de 2020.

COMISSÃO EXAMINADORA

Dr^a. Fabiana da Silva Kauark
Instituto Federal do Espírito Santo

Prof. Dr. Paulo Rogério Garcez de Moura
DQUI/PPGQUI/UFES/SIAPE nº 2352731

Dr. Paulo Rogério Garcez de Moura
Universidade Federal do Espírito Santo

Assinado de forma digital por

DIEMERSON SAQUETTO:09397376713

Dados: 2021.01.17 21:39:52 -03'00'

Dr. Diemerson Saquetto
Instituto Federal do Espírito Santo

Dr. Elias Silva de Oliveira
Universidade Federal do Espírito Santo

Dr. André Luís Silva da Silva
Universidade Federal do Pampa

DECLARAÇÃO DO AUTOR

Declaro, para fins de pesquisa acadêmica, didática e técnico-científica, que a presente dissertação de mestrado pode ser parcialmente utilizada, desde que faça referência ao autor.

Vila Velha, 04 de dezembro de 2020.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Paula Vivaldi Nascimento'.

Paula Vivaldi Nascimento

AGRADECIMENTOS

A palavra gratidão tem origem no termo do latim *gratus*, que pode ser traduzido como agradecido ou grato. Também deriva de *gratia*, que significa graça. Sendo assim, sou muito agradecida a Deus, que ouve as minhas lamentações diariamente e, ainda assim, não desiste de mim.

Agradeço à Ana Paula de Oliveira, uma Annalise Keating escondida dentro de uma professora de Física que lançou essa ideia de fazer prova para o mestrado em toda nossa loucura de trabalho de Professores Facilitadores. Entre piadas, textos pedagógicos e até cobertura de algumas tarefas no serviço, para que eu pudesse acabar um trabalho do mestrado, ela dava um suporte e me incentivava a continuar.

Junto a essa companheira profissional, ainda agradeço ao bibliotecário e feminista Antônio Jorge Rodrigues Pereira da Silva, que conquista a qualquer um com sua gargalhada e topete único. Um homem cheio de ideias que trouxe o desafio da feira científica literária e abriu caminho para eu me inspirar no projeto do mestrado. Meu mais sincero agradecimento a essa dupla que foi meu porto seguro nas quintas-feiras no castelo de Grayskull.

Ademais, agradeço aos Sobreviventes do ProfQui, nome dado ao trio formado por mim e mais dois amigos que conquistei nessa caminhada do mestrado: Karoliny Mendes Costa e Reginaldo Fabri Júnior. Nossa “panelinha” nas aulas dava certo, cada um com sua habilidade, um ajudava o outro para juntos não surtarmos, seja nas aulas ou no Whatsapp. E, mesmo diante de tantos compromissos ao mesmo tempo, conseguimos chegar no final com nossa sanidade.

Outrossim, meu mais genuíno e verdadeiro agradecimento à Monique Ellen Barcelos, minha amiga geminiana ‘da academia para a vida’, doutora, bióloga, que me alegrava com suas piadas nerds, com seus inúmeros assuntos e sempre trouxe soluções para meus desesperos acadêmicos (e da vida também!). Juntamente a ela, minha amiga de infância, Sabrina Boschetti, que foi uma excelente ouvinte e conselheira. Em todos os momentos, não lhe faltou paciência e voz para me manter focada até o final. Obrigada mulheres! O mundo precisa mais de ‘Sabrinas’ e ‘Moniques’.

Agradeço ao meu Princeso, meu bombom Gourmet, Wallace de Oliveira Lellis, que reapareceu no olho do furacão do curso. Um homem parceiro nas brincadeiras e nos assuntos sérios, que segurou a barra quando estava atarefada e que me fez prometer a não desistir do curso quando o desânimo aparecia. Eu nem tenho palavras para ser descrever a sua importância neste momento.

E, por fim, minha imensa gratidão à três doutores sensacionais que me ensinaram muito sobre educação: Fabiana da Silva Kauark, Paulo Rogério Garcez de Moura e Elias de Oliveira. Sou grata à Fabiana, pois sua calma e alegria soteropolitana foram essenciais para eu me manter no mestrado e porque, mesmo em outro país, apostou na minha ideia de projeto e não deixou minha peteca cair. Paulo, suas palavras vieram em um momento muito importante para mim. Muito obrigada por confiar no meu trabalho. E Elias, se o meu trabalho foi diferenciado, devo isso a você! Obrigada pela paciência e parceria.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - CAMPUS VILA VELHA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL

RESUMO

ENSINO DE QUÍMICA E ATIVIDADE EXPERIMENTAL PROBLEMATIZADA AEP: AVALIANDO APRENDIZAGEM DOS CONTEÚDOS QUÍMICOS ATRAVÉS DO SOFTWARE PNOTA NO CONTEXTO DO ENSINO FUNDAMENTAL

A transição do Ensino Fundamental, anos iniciais para os anos finais, ainda é um desafio na Educação Básica, pois envolve mudanças tanto na estrutura curricular quanto no perfil de professores e dos próprios alunos. Neste contexto, esta pesquisa buscou elaborar, aplicar e analisar aulas experimentais, através de problematizações, com a proposta de investigar a aprendizagem química e o desenvolvimento das habilidades cognitivas dos alunos quanto a aplicação desse projeto, o qual designa-se por Atividades Experimentais Problematizadas (AEP). A metodologia da pesquisa adotada foi do tipo pesquisa-intervenção com a abordagem quantitativa, utilizando o método de análise de variância ANOVA, seguido do teste Tukey e na qualitativa analisou os níveis cognitivos dos alunos do 5º ano de uma escola privada de ensino básico e técnico, na cidade de Vila Velha - ES. Foi construído um guia didático em forma de E-book, o qual auxiliou o professor dos anos iniciais na organização de uma AEP, a partir das habilidades propostas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), e também a aplicação do Software pNota e análise da avaliação dos resultados obtidos nas atividades experimentais, os quais mostraram que tais problematizações permitiram o avanço dos níveis cognitivos dos alunos, sendo isso verificado tanto no Software pNota quanto no ANOVA e no teste Tukey. Porém, o software utilizado apresentou-se como uma ferramenta pedagógica, permitindo ao professor uma avaliação menos subjetiva e mais personalizada.

Palavras-Chave: Ensino Experimental, Avaliação Computacional, Conteúdos Químicos.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO - CAMPUS VILA VELHA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL

ABSTRACT

**TEACHING CHEMISTRY AND PROBLEMATIZED EXPERIMENTAL ACTIVITY
AEP: ASSESSING LEARNING OF CHEMICAL CONTENT THROUGH THE PNOTA
SOFTWARE IN THE CONTEXT OF FUNDAMENTAL EDUCATION**

The transition stage from elementary school, since its initial years to the final years, is still a challenge in the Early Education. The major reasons are changes involving both, the curricular structure and the profile of teachers and students. In this context, this research aimed to elaborate, apply, and analyze experimental classes, through problematizations, with the proposal of investigating the chemical learning and the development of the students' cognitive skills regarding the application of this project, which is called Experimental Problem Activities (EPA). The research methods adopted were the research-intervention type with the quantitative approach using variance analyses ANOVA and Tukey test. A qualitative approach analyzed the cognitive levels of the 5th year students at a private school of elementary and technical education, in the municipality of Vila Velha-ES. A didactic guide was built in E-book format, assisting teachers of the early years in providing an EPA, based on the skills proposed in the Common National Curricular Base (CNCB), and also the application of the *pNota Software* and analysis of the evaluation of the results obtained in experimental activities, which showed that such problematizations allowed the advancement of students' cognitive levels, which was verified both in the Software *pNota* and in ANOVA and in the Tukey test. However, the software used was presented as a pedagogical tool, allowing the teacher a less subjective and more personalized assessment.

Keywords: Experimental Teaching, Computational Evaluation, Chemistry Contents.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Estágios de Aprendizagem.....	29
FIGURA 2 – Taxonomia dos objetivos educacionais de Bloom	31
FIGURA 3 - Dimensões do domínio cognitivo da Taxonomia de Bloom revisada	33
FIGURA 4 - Articulação Teórico-Metodológica para a construção da AEP.	39
FIGURA 5 – Fluxo da AEP	40
FIGURA 6 – AEP como o “Fazer Ciência”	41
FIGURA 7 - Interface da abordagem quantitativa da pesquisa.	50
FIGURA 8 - Fluxo metodológico do pNota.	55
FIGURA 9 - Desenho das etapas da pesquisa.....	57
FIGURA 10 - Localização da escola estudada.....	58
FIGURA 11 - Capa do livro paradidático.	60
FIGURA 12 - Página introdutória do livro paradidático.....	61
FIGURA 13 - Página inicial da história paradidática.....	62
FIGURA 14 - Página que contém o problema proposto da AEP 1.	69
FIGURA 15 - Página que contém o problema proposto da AEP 2.	71
FIGURA 16 - Página que contém o problema proposto da AEP 3.	74
FIGURA 17 - Montagem das páginas que contém o problema proposto na AEP 4. .	76
FIGURA 18 - Página que contém o problema proposto da AEP 5.	78
FIGURA 19 - Página que contém o problema proposto da AEP 6.	80
FIGURA 20 - Montagem das páginas com o problema proposto da AEP 7.	82

FIGURA 21 - Página que contém o problema proposto da AEP 8.	84
FIGURA 22 - Página que contém o problema proposto da AEP 9.	86
FIGURA 23 - Análise da habilidade - EF05CI01 (Propriedades Físicas dos Materiais).	88
FIGURA 24 - Análise da habilidade - EF05CI01 (PFM: Estado de agregação e solubilidade).	90
FIGURA 25 - Análise da habilidade - EF06CI01 (Transformações Químicas: TQ). ...	94
FIGURA 26 - Mapa do nível cognitivo na Atividade Experimental Problematizada (AEP).....	97
FIGURA 27 - Percentual de êxito da AEP (Parâmetro ACC).	102
FIGURA 28 - Percentual de êxito da AEP (Parâmetro PRE).....	104
FIGURA 29 - Percentual de êxito da AEP (Parâmetro REC).	106
FIGURA 30 - Percentual de êxito da AEP (Parâmetro F1).....	108
FIGURA 31 - Menções de palavras mais frequentes em cada AEP (N=70).	114

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Síntese dos elementos denotativos da AEP.....	39
QUADRO 2 - Parâmetros descritivos de exigências cognitivas.	51
QUADRO 3 - Parâmetros classificatórios dos níveis cognitivos.....	52
QUADRO 4 - Equivalência de conversão do nível cognitivo para pNota.....	56
QUADRO 5 - Atividade Experimental Problematizada (AEP) - aula 1 - AEP 1	68
QUADRO 6 - Atividade Experimental Problematizada (AEP) - aula 2 - AEP 2	70
QUADRO 7 - Atividade Experimental Problematizada (AEP) - aula 3 - AEP 3	73
QUADRO 8 - Atividade Experimental Problematizada (AEP) - aula 4 - AEP 4.	75
QUADRO 9 - Atividade Experimental Problematizada (AEP) - aula 5 - AEP 5.	77
QUADRO 10 - Atividade Experimental Problematizada (AEP) - aula 6 - AEP 6.	79
QUADRO 11 - Atividade Experimental Problematizada (AEP) - aula 7 - AEP 7.	81
QUADRO 12 - Atividade Experimental Problematizada (AEP) - aula 8 - AEP 8.	83
QUADRO 13 - Atividade Experimental Problematizada (AEP) - aula 9 - AEP 9.	85
QUADRO 14 - Parâmetros qualitativos das métricas do software pNota.....	100
QUADRO 15 - Valor de erro absoluto obtido pelo software pNota.....	111

LISTA DE SIGLAS

ACC: Acurácia

AEP: Atividade Experimental Problematizada

BNCC: Base Nacional Comum Curricular

C: Comparações

EJA: Educação de Jovens e Adultos

EPK: Epistemologia de Thomas Kuhn

F1: Ponderação

IA: Inteligência Artificial

INEP: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

LDB: Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

MAE: Erro Médio Absoluto

MEC: Ministério da Educação

ONU: Organização das Nações Unidas

PCN : Parâmetros Curriculares Nacionais

PFM: Propriedades Físicas dos Materiais

PRE: Precisão

REC: Recuperação

TAS: Teoria da Aprendizagem Significativa

TQ: Transformações Químicas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 MEMORIAL DA AUTORA	15
1.2 APRESENTAÇÃO DO TEMA	18
1.2 OBJETIVOS	25
1.3.1 Objetivo geral.....	25
1.3.2 Objetivos Específicos.....	25
2. REFERENCIAL TEÓRICO	26
2.1 A BNCC E O ENSINO DE CIÊNCIAS NOS ANOS INICIAIS	26
2.1.1 Habilidades e competências.....	27
2.1.2 A Taxonomia Revisada de Bloom e os Domínios Cognitivos.....	30
2.2 O ENSINO EXPERIMENTAL EM CIÊNCIAS NOS ANOS INICIAIS.....	34
2.3 A ATIVIDADE EXPERIMENTAL PROBLEMATIZADA (AEP)	36
2.3.1 Habilidades cognitivas necessárias à aprendizagem em Ciências.....	42
2.4 AVALIAÇÃO COMPUTACIONAL DE APRENDIZAGEM: O SOFTWARE PNOTA	46
3. METODOLOGIA DA PESQUISA	48
3.1 AS ETAPAS DA PESQUISA	56
3.1.1 Caracterização e contextualização da escola e público-alvo	58
3.1.2 Construção da Atividade Experimental Problematizada (AEP) através do livro paradidático.....	59
3.1.3 Execução das Atividades Experimentais Problematizadas (AEP)	63
3.1.4 Aplicação das AEP pelo professor especialista e Grupo de Trabalho Operativo no Ensino Fundamental.....	64
3.1.5 Questionário para os alunos.....	65
3.1.6 Análise qualitativa da AEP através do teste paramétrico ANOVA seguido do teste de Tukey	66
3.1.7 Análise qualitativa virtual da AEP pelo Software pNota	66
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	67

4.1	ELABORAÇÃO DAS AEP	67
4.2	ANÁLISE QUANTITATIVA DOS RESULTADOS QUANTO A APLICAÇÃO DA AEP ATRAVÉS DO FORMULÁRIO APLICADO	87
4.2.1	Análise qualitativa dos dados sobre a AEP	87
4.2.2	Análise Computacional pelo software pNota.....	98
5.	PRODUTO	116
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	117
	REFERÊNCIAS.....	119

1. INTRODUÇÃO

1.1 MEMORIAL DA AUTORA

Iniciar uma dissertação falando de si pode ser complexo, porém ajuda a compreender as escolhas e as situações que me levaram a entrar na educação e fazer dessa área minha história de vida.

Desde criança gostava de brincar de escolinha e geralmente meus alunos eram minhas bonecas, Meiri (minha amiga), Chesley (meu irmão) e Diogo (meu primo). Sempre que eu brincava de escolinha, eu era a professora que pegava os cadernos de dever de casa deles para 'resolver as questões'. Eu aproveitava e os ensinava como fazer, e um ajudava o outro quando não sabia. Penso que eles até curtiam essa brincadeira porque estavam sempre com as tarefas em dia!

Além do mais sou sobrinha de professores. Meu ensino fundamental, antes chamado de escola de primeiro grau, foi realizado entre os anos 80 e 90, em uma pequena escola do bairro onde morei e na qual fiz amizades que tenho até hoje. Sempre fui muito estudiosa e envolvida com os projetos do colégio, porém precisava ir para o segundo grau e minha pequena escola não fornecia esse tipo de escolaridade. Foi aí que comecei a ganhar mais autonomia tendo que pegar ônibus para ir para a instituição de ensino que ficava no Centro da Cidade.

Meu segundo grau foi realizado no Colégio Nacional que era uma das escolas mais caras, consegui bolsa por meio das minhas notas do Primeiro Grau. Estudar no Colégio Nacional, me proporcionou conhecer um mundo fora do meu bairro, Alvorada, uma vez que era diferente do que ocorria na minha escola primária, onde todos os meus colegas de classe eram meus vizinhos no Colégio.

Nessa nova instituição, ninguém era meu vizinho. Mudar de escola fez com que eu deixasse de me destacar na escola pela minha inteligência, pois havia outras pessoas muito mais inteligentes que eu na minha sala, o que me levou a estudar ainda mais, afim de me destacar para manter a minha bolsa, uma vez que qualquer nota abaixo da média me faria perder o desconto.

Foi no Colégio Nacional que eu tive certeza de que queria ser professora, porque quando conheci minha professora de química, Cátia Fosse (que me deu aula durante o primeiro e segundo ano), ficava fascinada com a forma dela ensinar, pois ela tinha um ar debochado, divertido e pulso firme.

Quando fui prestar o vestibular para a Universidade Federal do Espírito Santo optei por me inscrever para o curso Ciências Biológicas, pois, apesar de ter uma preferência pela disciplina de Química, me senti insegura para seguir essa área, até porque, durante a época escolar, eu tinha um desempenho melhor na área de Biologia do que na área de Química.

Então, assim que passei na UFES, no curso de Bacharel e Licenciatura em Ciências Biológicas, comecei a estagiar no SESI no período noturno, como professora de Educação de Jovens e Adultos (EJA), tanto de Biologia quanto de Química. Aprendi com as experiências dos alunos adultos, mais velhos que eu, como funcionava toda a teoria da Química e da Biologia que eu aprendia nos livros.

Todas as aulas práticas que fiz na vida acadêmica eu consegui associar a aprendizagem quando meus alunos de EJA traziam suas práticas de trabalho para dentro da sala de aula: mecânicos, eletricitas, torneiros, donas de casa, cabeleireiras, pintores, pedreiros etc. Fui aprendendo um pouco de cada exemplo citado em aula e percebendo a importância da educação de Paulo Freire dentro da sala de aula.

De 2002 a 2004 consegui bolsa no projeto CNPq e desenvolvi uma pesquisa na área de fisiologia. Isso me ajudou a compreender como é a vida de um cientista, pois tive que desenvolver todo o método científico de um projeto. Em 2005 eu me formei em Ciências Biológicas (tanto Bacharel quanto em Licenciatura). Ainda lecionava para os alunos da EJA. Fiquei como professora de jovens e adultos durante 6 anos, e toda essa experiência fez mudar meu pensamento e método de atuar na educação.

Em 2008 fui convidada a ser professora de Química no Ensino Médio, na própria rede SESI, porque antes a lei estadual permitia que, na ausência do professor titular, outro professor da área pudesse lecionar a disciplina. A forma de trabalhar com EJA levou para dentro da educação básica uma maneira diferente de ensinar e de aplicar química.

O fato de lecionar aulas desta disciplina, impulsionou-me a conquistar o diploma em Licenciatura em Química, que consegui ingressando no ano de 2009 para o curso de Licenciatura em Química no Instituto Federal do Espírito Santo, mas os horários das aulas coincidiam com o de trabalho, o que me levou a optar pela Educação a Distância, que era ofertada pela Universidade Federal do Piauí, concluído assim o curso em 2013.

Durante minha vida profissional, houve um processo seletivo no Colégio Salesiano, do qual consegui a vaga de professora de Química, que eu assumi tendo como colega de trabalho meu exemplo, minha professora da escola, Cátia Fosse. E, ainda neste mesmo ano de 2010, fui convidada para exercer uma função de maior responsabilidade na rede SESI, passei a ser a professora Facilitadora de Química, um profissional que era submetido a formações, reuniões, treinamentos, para depois repassar aos colegas da área o que foi aprendido.

Além disso, o professor facilitador deveria pensar sobre o currículo e metodologia da Rede com o intuito de organizar encontros que pudessem aperfeiçoar a educação do SESI. E assim, em 2018, essa função passou a ter um destaque/responsabilidade quando foi percebido, por meio das avaliações externas do ensino médio, que o índice da Rede melhorava paulatinamente a cada ano.

Sendo assim, passei a exercer a função de Coordenadora da Área de Ciências, com o desafio de, por meio de formações, elevar o índice da escola nas provas externas do Ensino Fundamental. E, ainda no ano de 2018, passei no processo seletivo PROFQUI, onde aprendi e levei para a sala de aula e para a coordenação de área diferentes metodologias que auxiliam no ensino de Química.

Porém, por motivos de força maior, hoje exerço apenas o cargo de professora de Química da 1ª e 2ª séries do Ensino Médio, deixando as funções de Professora Facilitadora e Coordenadora de Área.

1.2 APRESENTAÇÃO DO TEMA

As transformações que a tecnologia vem trazendo para a sociedade nos últimos anos têm impactado nos meios social, econômico, político e cultural das pessoas. Segundo Bauman (2001), a condição sócio-histórica da contemporaneidade é caracterizada pela fluidez e pela incerteza, em que a imprevisibilidade é a palavra de ordem. Nesse contexto de fluidez, encontra-se a educação, que exige cada vez mais aprendizagens no desenvolvimento de novas competências para que se tenha um desafio ao fazer e ao saber.

A atual geração, que foi denominada Alpha, possui várias tendências de comportamento, pois é uma faixa etária totalmente estimulada, habituada e mergulhada nas facilidades de tecnologias e de informação, o que as deixam com um potencial muito maior de resolução de problemas. Tal fato nos deixa com a seguinte questão: Como fazer então para que essa geração Alfa, capaz de buscar tanta informação, desenvolva uma aprendizagem significativa e fluida, inter-relacionando conhecimentos de diversas áreas de modo que possa ser construído um cidadão crítico-argumentativo?

Tal objetivo se mostra desafiador, uma vez que uma pesquisa do Instituto Paulo Montenegro e da Abramundo, citada por Soares (2007), revelou que a maioria dos brasileiros, inclusive aqueles que concluíram o Ensino Médio, não usa conhecimentos científicos para explicar o que observa em seu dia a dia. Em outras palavras, a maior parte não possui alfabetização científica satisfatória, que é a capacidade de compreender, de interpretar e de formular ideias científicas em uma variedade de contextos, inclusive os cotidianos.

Outro agravante é que o ensino básico ainda mantém uma fragmentação disciplinar no currículo educacional, o que dificulta o processo da associação teórica aprendida na sala de aula com o contexto do dia a dia. O que nos traz a necessidade de repensar as metodologias de educação com base na postura reflexiva, investigativa e crítica.

Definida na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, Lei nº 9.394/1996), a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) norteia os currículos dos sistemas e redes de ensino das Unidades Federativas, como também as propostas pedagógicas de

todas as escolas públicas e privadas de Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio, em todo o Brasil (BRASIL, 2018).

A BNCC estabelece conhecimentos, competências e habilidades que se espera que todos os estudantes desenvolvam ao longo da escolaridade básica. Orientada pelos princípios éticos, políticos e estéticos traçados pelas Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica, a BNCC soma-se aos propósitos que direcionam a educação brasileira para a formação humana integral e para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva, em conformidade com o que preceitua o Plano Nacional de Educação (BRASIL, 1998).

Uma das competências da BNCC é exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas. Isso atrelado ao uso da linguagem verbal, corporal, visual, sonora e digital, bem como conhecimentos matemáticos e científicos (BRASIL, 2018).

A reformulação da BNCC trouxe um equilíbrio nos conteúdos de biologia, de física e de química em todos os anos de escolaridade do ensino fundamental, o que promoveu uma distribuição temática dos assuntos e fez progredir a assimilação da ciência como uma área e não apenas como uma disciplina. Sendo assim, essa norma propõe que o ensino do componente envolva mais investigação e menos atividade tais como “copiem do professor”, logo há a necessidade de adoção da abordagem investigativa e experimental como elemento central da formação.

Sendo assim, o professor deve atrair os alunos de forma intencional para uma investigação ativa, algo atrelado diretamente à questão da alfabetização científica. Trata-se de um convite para deixar a transmissão de conteúdo de aulas expositivas e caminhar para uma ação especulativo, auxiliando e ensinando a utilizar ferramentas de pesquisa, analisar dados, contrapor informações e desenvolver a autonomia.

Uma atividade que corrobora com o que é esperado e descrito na nova BNCC é a Atividade Experimental Problematizada (AEP). Moura; Kauark; Silva (2015)

descreveram que AEP é o processo experimental que se desenvolve a partir da demarcação de um problema de natureza teórica, ou seja, da experimentação que objetiva a busca por solução a uma questão colocada.

Na perspectiva da AEP, o problema apresentado pode despertar no aluno motivação, interesse no desafio intelectual e capacidade de discussão e de articulação de ideias, promovendo sua autoconfiança necessária para que busque apresentar explicações aos fenômenos estudados.

Nessa metodologia é prescindível as respostas prontas do professor, ou um resultado prévio ao qual se deseja chegar. Ainda de acordo com os autores, na AEP o professor passa a ser o condutor de perguntas que possam desafiar os discentes a explorar suas hipóteses e possíveis soluções problemáticas, deixando de ser o centralizador e fornecedor de respostas e certezas.

Moura; Kauark; Silva (2015) enfatizam que as definições estruturantes da AEP no ensino de Química se dão pela articulação com o problema proposto, cuja natureza é teórica e contextualizada. Tal problema proposto requer um objetivo experimental para nortear a ação a ser desenvolvida. A resolução para esse problema deriva as diretrizes metodológicas que orientarão os procedimentos experimentais.

Percebe-se que por meio dessas diretrizes há a compreensão e o incentivo do objetivo proposto, visto que a BNCC busca trazer para as séries iniciais uma associação de ciências mais concreta e vinculada com a realidade e, sabendo que a AEP é condizente com o comportamento da geração Alfa, fica evidente o desafio de como abordar assuntos específicos da área de Ciências quando os professores de Ensino Fundamental das séries iniciais, em sua maioria formada em Pedagogia, apresentam dificuldades teóricas sobre os assuntos científicos.

Arelado a esse desafio, segundo as análises de Gatti (2009), o currículo proposto pelos cursos de formação de professores em Pedagogia tem uma característica fragmentária, apresentando um conjunto disciplinar bastante disperso. Isso, muitas vezes, gera a insegurança no professor em se aprofundar em determinados assuntos. Apesar de apresentarem a capacitação técnica, o problema está em transformar a atividade manipulativa de simples experimentos nas aulas de Ciências em conceitos

científicos, não sabendo transformar essas experiências em pensamentos e estruturas científicas de raciocínio proporcional lógico, o que dificulta a interpretação e a perpetuação da Ciência no decorrer do Ensino Básico.

É na passagem entre o fazer e o compreender construindo o conhecimento científico do aluno que entra a relação dos professores especialistas (aqui referindo-se ao professor da disciplina de Química) para dar o suporte necessário à professora regente /pedagoga, em alguns conceitos que não sejam dominados por elas. A AEP entra nessa parceria para desenvolver uma metodologia de ensino e de Ciências Química com mais objetividade nas séries iniciais.

Percebe-se, então a importância de se trabalhar e desenvolver os conhecimentos básicos de Química nas séries iniciais, que se fundamenta a base para o aprendizado dos conceitos que serão abordados até o final do Ensino Médio com os alunos. E graças a uma curiosidade e afeição de conhecimentos típica da infância, os estudantes não se intimidam para perguntar, para errar e para tentar novamente, e acabam se entusiasmando com experimentos e atividades práticas, o que os auxiliam a fixar os conceitos fundamentais científicos, que são transmitidos nas aulas.

Para Chevallard (1991), pesquisadores, técnicos, professores e especialistas compõem instituições, como por exemplo o Ministério da Educação (MEC) que define a que saberes devem ser ensinados e com que roupagem eles devem chegar à sala de aula. Essa composição de pessoas influentes e pensantes dentro dessas instituições seria uma “Noosfera”, uma instituição invisível que faria a “Transposição Didática”.

No Brasil, o resultado do trabalho da Noosfera aparece nos Referenciais Curriculares. Ou seja, um documento que apresenta a trajetória do saber, do momento em que o mesmo é produzido (Saber Científico), até chegar à porta da escola (Saber a ser ensinado), e por fim um saber ensinado (dentro da Sala de Aula). Esta última etapa expressa o momento em que acontece o que Chevallard (1991) chamou de trabalho interno de transposição, que tem no professor o responsável por esse novo momento de transformação.

Aqui está o grande desafio para a Educação Básica: fazer com que essa transposição didática dos conhecimentos científicos produzidos academicamente, seja de forma dinâmica, lúdica e assertiva para que os alunos possam compreender e até mesmo apreender conteúdos e conceitos, na forma análoga aos que são produzidos pelos cientistas.

Sendo assim, esta transposição didática deve ser feita pelos autores de livros didáticos, pelos professores e até mesmo pela mídia. Mas, ao ensinar conhecimentos químicos nas séries iniciais é necessário que o professor conheça os conteúdos que serão trabalhados, pois na ausência desse conhecimento, uma leitura sem a crítica dos conceitos trazidos pelos livros didáticos dificulta na construção da alfabetização científica satisfatória. (SILVA et al, 2013).

Criar uma sequência na organização da alfabetização científica no decorrer na Educação Básica pode ser algo moroso. A transição do Ensino Fundamental das séries iniciais para as finais ainda é um desafio, pois envolve mudanças tanto na estrutura curricular quanto no perfil de professores e dos próprios alunos.

Apesar da experimentação ajudar o processo de ensino-aprendizagem evolutivo dentro das práticas docentes, não há essa verificação se o uso de atividades práticas pode mensurar se as habilidades obtidas pelos estudantes são suficientes para serem aprimoradas no ano seguinte. Logo, queremos saber se o uso da metodologia AEP promove o aluno em termos de exigências e habilidades no conhecimento da Ciência Química para impulsionar essa transição entre as séries iniciais e finais no Ensino Fundamental.

A partir daí surgem as hipóteses:

- I. Os conteúdos Químicos abordados com alunos do 5º ano do Ensino Fundamental favorecem aprendizagens em Ciências na promoção do aluno para o 6º ano;
- II. A aplicação da metodologia de Ensino Experimental de Ciências - AEP contribui para alcançar os níveis cognitivos adequados ao 6º ano do Ensino Fundamental.

Dos anos que leciono Química na instituição da qual foi aplicada essa pesquisa, percebi que os alunos do Ensino Fundamental dos Anos Finais, muitas vezes, apresentavam erros conceituais de Ciências da Natureza ao chegar no Ensino Médio. Dessa forma, formulou-se uma questão de investigação a saber: **qual é o impacto da aplicação da Atividade Experimental Problematizada nos níveis cognitivos nos alunos do 5º ano sobre a aprendizagem dos conteúdos químicos nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental?**

Considera-se que uma experimentação voltada para situações-problemas que perpassa pelas diretrizes propostas e consolida nos resultados, traz consigo dúvidas sobre se o desenvolvimento cognitivo alcançado pelos estudantes foi ou não suprido nesse tipo de atividade.

Pensando na melhoria da alfabetização científica durante o período escolar básico do estudante, essa pesquisa buscou associar a leitura de um livro paradidático como uma ferramenta para uma inserção e disseminação da linguagem química e técnico-científica como forma de desenvolver nos professores uma didática de atividades problematizadas.

A alfabetização científica é um desafio constante enfrentado pela educação, uma vez que desenvolver as habilidades cognitivas de analisar, comparar e argumentar é uma atividade que requer prática, leitura e muito planejamento.

Lecionando há mais de 10 anos na mesma rede e analisando resultados de provas externas - Prova Brasil/ENEM - feitas pela Escola, percebo que os alunos do 6º ano ao Ensino fundamental apresentam grande dificuldade de reorganizar ideias, de escrever dados e de inferir soluções em situações que envolvem a Ciência no seu cotidiano.

Mesmo quando conseguem resolver algumas dessas ações, apresentam erros conceituais oriundos do Ensino Fundamental I, que dificulta a desmistificação no decorrer das aulas de Química. Minha preocupação está não apenas na dificuldade do aluno nas séries finais da Educação Básica de ter as competências relacionadas à área das Ciências, mas sim como assuntos científicos estão sendo abordados e tratados nas séries iniciais.

Para expandir o conhecimento de forma interativa, melhorar o processo de ensino-aprendizagem e incentivar a leitura, intuito dessa pesquisa foi abordar assuntos das Ciências da Natureza e promover a divulgação científica como uma forma de quebrar as rígidas estruturas de aprendizado que se impõem às disciplinas de Química, Física e Biologia. A partir de obras de ficção, aventuras, suspense e investigação focada no aprendizado de forma lúdica, propõem-se uma nova forma de abordagem e entendimento das peculiaridades das áreas das ciências exatas.

Sendo assim, a proposta foi implementar na escola de Araçás aulas interdisciplinares de Ciências com o uso do Livro paradidático *“A fórmula secreta – uma aventura química de quebrar a cabeça”* junto à Atividades Experimentais Problematizadas para que ensinem a reconhecer e utilizar adequadamente, na forma oral e escrita, toda a simbologia e códigos envolvidos na linguagem científica, a partir dos primeiros anos do Ensino Fundamental, bem como a exercitar o pensamento crítico e criativo - uma das competências gerais exigida pela BNCC.

O livro paradidático supracitado é uma edição da Jornada Científica da Editora Moderna e seu autor é Dan Green. Esse livro é um tipo de leitura em que as páginas não seguem a sequência numeral ordinal, e sim alteram de acordo com os enigmas científicos que devem ser desvendados no decorrer da história. Para chegar à conclusão da narração, tudo depende das escolhas do leitor, transformando a história em um quebra-cabeça, que testa o limite do raciocínio e também da organização de ideias antes de seguir para a página sugerida.

Logo, a justificativa desse objeto de estudo é contribuir no processo de ensino-aprendizagem químico desenvolvido nos níveis cognitivos dos alunos do Ensino Fundamental por meio da Atividade Experimental Problematiza e, a partir dessa metodologia, inserir a ferramenta tecnológica de avaliação formativa pNota, a qual é capaz de auxiliar o professor nesse processo.

Diante disso, neste capítulo introdutório da dissertação, além do memorial da autora, já descrito, também estão descritos o tema e o problema de investigação, o objetivo geral e os objetivos específicos. E, no capítulo seguinte, reservado ao referencial teórico dessa pesquisa, constam informações relativas à busca realizada nas bases de dados. Esse capítulo está subdividido em seis seções primárias que abordam: a

BNCC e o ensino de Ciências nos anos iniciais; as Habilidades e Competências; a Taxonomia de Bloom Revisada e o Complexo do Domínio Cognitivo; o ensino experimental em Ciências nos anos iniciais; a AEP; a avaliação computacional de aprendizagem: o Software pNota.

O terceiro capítulo trata da metodologia empregada no presente estudo, que tem caráter descritivo-explicativo e abordagem qualitativa. Esse capítulo também apresenta a localidade, os sujeitos, as etapas do processo de investigação, além dos instrumentos de coleta de dados e da técnica de abordagem qualitativa de análise empregada no tratamento e discussão dos resultados. E, no capítulo quatro (4), os resultados da aplicação das AEP e o tratamento de dados obtidos são apresentados e analisados. O produto está exposto no capítulo cinco (5) e, por fim, no capítulo seis (6) as considerações finais do pesquisador dispõem-se no sexto capítulo.

1.2 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Analisar o impacto da aplicação da Atividade Experimental Problematizada nos níveis cognitivos dos alunos do 5º ano sobre a aprendizagem dos conteúdos químicos nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar as exigências e as habilidades cognitivas propostas na BNCC para o Ensino de Ciências no 5º ano – séries iniciais do Ensino Fundamental.
- Conhecer a metodologia de ensino de Ciências denominada Atividade Experimental Problematizada (AEP);
- Relacionar os níveis cognitivos e os domínios de complexidade de acordo com a Taxonomia Revisada de Bloom;
- Validar e aplicar as AEP ambientadas ao contexto do 5º ano;
- Construir um guia didático em formato E-Book a partir das AEP e do processo avaliativo por meio do software pNota (Produto Educacional);
- Analisar a aprendizagem dos conteúdos químicos por meio do software pNota.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A BNCC E O ENSINO DE CIÊNCIAS NOS ANOS INICIAIS

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento de caráter normativo que define as aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver no decorrer do Ensino Básico. Ela foi elaborada à luz do que determina os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e está fundamentada nas Diretrizes Curriculares Nacionais de Educação Básica (DCN). Sua organização é pautada em aprendizagens, em competências, em habilidades e em desenvolvimento essenciais para construir uma sociedade com interesses de justiça, democracia e inclusão.

A BNCC descreve 60% dos conteúdos curriculares comuns. Esta informação não deixa esclarecido que o professor deve optar os outros 40% para completar o currículo com as especificidades regionais. Essa ausência de orientação dentro do documento, pode induzir os docentes a planejarem as suas aulas apenas no que a Base preconiza, ignorando, portanto, os assuntos pertinentes a idiosincrasias do lugar onde a escola está inserida (PETIRLE; JUSTO, 2020).

Embora os componentes curriculares se preservem nos saberes próprios, e contemplem apenas uma parte dos conteúdos comuns, a BNCC está organizada em cinco áreas do conhecimento: Linguagens, Matemática, Ciências Humanas, Ciências da Natureza e Ensino Religioso.

Dentro de cada área, a Base Nacional Comum Curricular apresenta os objetivos de aprendizagem descritos para cada ano escolar e empenha-se em contextualizar os conteúdos dos componentes curriculares, identificando estratégias para apresentá-los, representá-los, exemplificá-los, conectá-los e torná-los significativos, com base na realidade do lugar e do tempo nos quais as aprendizagens estão situadas.

No ensino de Ciências da Natureza, os eixos temáticos estruturam os conteúdos curriculares. Essa organização se dá por três temáticas: Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo. As unidades temáticas estão estruturadas em um conjunto de habilidades cuja complexidade cresce progressivamente ao longo dos anos.

Essas habilidades mobilizam conhecimentos conceituais, linguagens e alguns dos principais processos, práticas e procedimentos de investigação envolvidos na dinâmica da construção de conhecimentos na ciência. A proposta é que a área das Ciências da Natureza seja trabalhada de forma em espiral, repetindo os eixos anualmente, pois à medida que aumenta a maturidade do estudante, eleva o grau de complexidade das habilidades dentro das competências.

2.1.1 Habilidades e competências

No âmbito escolar, a competência é enfatizada a manifestar uma ação em que gerenciar situações complexas, casuais e inesperados mobilizam o conhecimento. Para Perrenoud (2002), uma competência pode ser demonstrada na capacidade de agir eficazmente perante um determinado tipo de situação, apoiada em conhecimentos. Roldão (2007) complementa que é usar um saber pelo qual exige integração e mobilização de conhecimentos, processos e predisposições que, ao incorporarem-se uns nos outros, permitirão ao sujeito ações como fazer, pensar e apreciar.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) considera competência como sendo a mobilização de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores para resolver e desenvolver aprendizagens essenciais nas demandas da vida cotidiana e do mundo do trabalho.

Além disso, a BNCC descreve as dez (10) Competências Gerais que devem acompanhar o desenvolvimento dos alunos desde a Educação Infantil até o Ensino Médio com os seguintes temas: Conhecimento; Pensamento científico, crítico e criativo; Repertório cultural; Comunicação; Cultura digital; Trabalho e projeto de vida; Argumentação; Autoconhecimento e autocuidado; Empatia e cooperação e Responsabilidade e cidadania.

Dessa forma no Ensino Fundamental, as Competências Gerais estão presentes em unidades temáticas, objetos de conhecimento e habilidades a serem trabalhadas dentro de cada área do conhecimento e componentes curriculares específicos.

É interessante ressaltar que as unidades temáticas dentro da Base Nacional Comum Curricular estão estruturadas em um conjunto de habilidades cuja complexidade cresce progressivamente ao longo dos anos. Essas habilidades mobilizam conhecimentos conceituais, linguagens e alguns dos principais processos, práticas e procedimentos de investigação envolvidos na dinâmica da construção de conhecimentos na ciência (BRASIL, 2018)

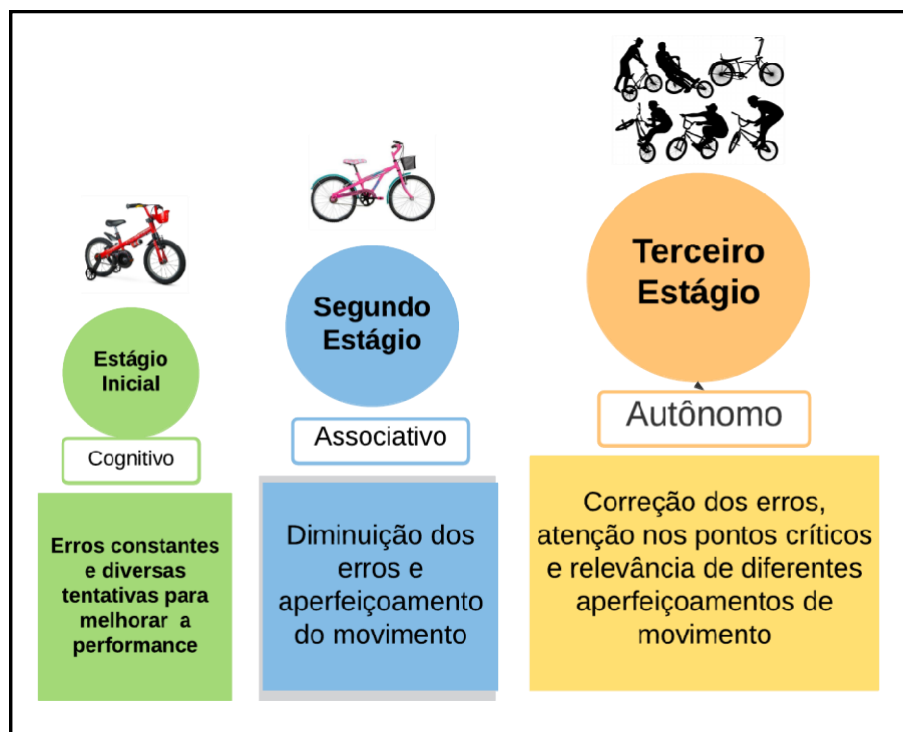
A aprendizagem e o desenvolvimento de uma habilidade necessitam de uma seleção e uma interpretação de informações para que a longo prazo, possa ser aplicado de forma relevante, e assim conseguir realizar uma ação.

Durante o processo de aprendizagem, as mudanças que acontecem nesse percurso requerem exigências de atenção que moldam a habilidade. Um exemplo desse percurso de exigência é o ato de andar de bicicleta. Dentro de uma progressão pedagógica, a pessoa precisa sentar-se no selim e manter os pés no chão para conseguir se equilibrar.

Em seguida, arrancar e manter o pedal girando é o desafio que requer mais prática. Quando a pessoa começa a pedalar sem a necessidade de ajuda do apoio (as “rodinhas”), ela atingiu essa habilidade. E, com o passar do tempo e da prática, essa habilidade é aprimorada quando esta pessoa consegue, por exemplo, fazer manobras diferentes com sua bicicleta, como pedalar se equilibrando em apenas uma roda.

Diversos autores propuseram modelos representativos de estágios de aprendizagem. Tani; Corrêa (2016) destacam que o modelo de três estágios de Fitts & Posner, o indivíduo é o protagonista desse processo pois está associado com o reconhecimento do erro. Nesses estágios sintetizados na figura 1, o indivíduo passa do primeiro estágio (Cognitivo) para o segundo (Associativo) até atingir o último (Autônomo). A evolução desses estágios até atingir a automaticidade na realização da tarefa é o foco desse modelo, e assim, o desenvolvimento de uma habilidade.

FIGURA 1 - Estágios de Aprendizagem



Fonte: A autora, 2020.

O estágio inicial da aprendizagem denominada Cognitivo é a fase em que os erros constantes e as tentativas de melhorar o desempenho produzem uma grande sobrecarga nos mecanismos da atenção do indivíduo, capazes de fazê-lo perceber que está fazendo algo de errado, porém não consegue solucionar o problema e melhorar o desempenho. Isto faz com que o esforço cognitivo nesse estágio seja muito grande e em termos da atenção, o indivíduo está tentando atender a tudo que lhe é falado.

O estágio Associativo inicia quando a quantidade de erros diminui em virtude da concentração e do aperfeiçoamento do movimento. Nessa fase a carga nos mecanismos da atenção é moderada, o que facilita o desempenho, pois o indivíduo é capaz de detectar o erro, evitá-lo e assim direcionar a atenção para outros aspectos do desempenho.

O estágio Autônomo é a fase em que há concentração nos pontos críticos e nas partes difíceis, detectando e corrigindo os erros, facilitando o direcionamento do foco da atenção para outros itens relevantes à realização da tarefa.

Ao direcionar o foco desses Estágios de aprendizagem no processo de ensino e, conseqüentemente para o desenvolvimento de uma habilidade e competência, deve-se reforçar que estão atrelados aos objetivos de ensino. Ou seja, é preciso que a escola inclua entre os estágios de aprendizagem os verbos que comandam ações para desempenhar a comparação, a classificação, a discussão, a analogia e argumentações, dentre outros. Caso contrário, o foco tenderá a permanecer no currículo e as habilidades serão vistas como minimalistas.

Concomitante a essa hierarquia de estágio de aprendizagem, a Taxonomia de Bloom traz domínios cognitivos hierárquicos que colaboram com a evolução da área intelectual dos alunos por meio de verbos de comandos estratégicos para verificar a habilidade desenvolvida, como pode ser observada a seguir.

2.1.2 A Taxonomia Revisada de Bloom e os Domínios Cognitivos

A Taxonomia de Bloom, também chamada de Taxonomia dos Objetivos Educacionais, é uma estrutura hierárquica de objetivos educacionais. Foi criada por Benjamin S. Bloom e demais colaboradores, a pedido a Associação Norte Americana de Psicologia, que segundo Ferraz; Belhot (2010), em 1948 solicitou diversos de seus membros que montassem uma equipe para discutir, definir e assim criar uma taxonomia dos objetivos dos processos educacionais. Bloom liderou este projeto e em conjunto com os demais membros dividiu o trabalho de acordo com domínios específicos do desenvolvimento cognitivo, afetivo e psicomotor do indivíduo.

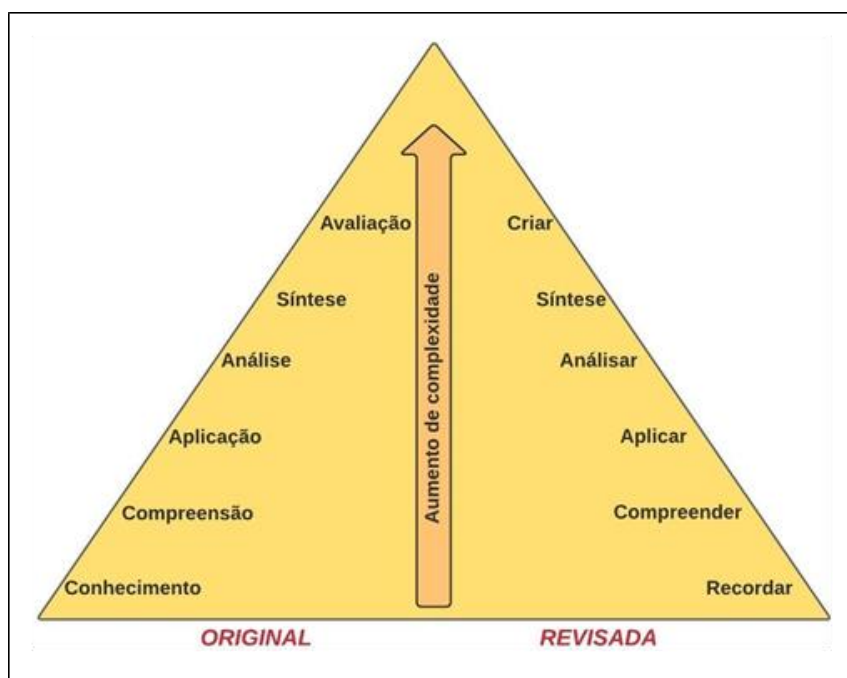
Essa taxonomia foi criada com o objetivo de compreender a aprendizagem dentro de um processo avaliativo por meio de categorias ordenadas na forma hierárquica de complexidade com seis principais categorias do domínio cognitivo: conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação.”(JESUS; RAABE, 2009).

A principal ideia da taxonomia é identificar o que os educadores esperam que os alunos saibam, englobado nos objetivos educacionais, em uma hierarquia do nível de menor complexidade para o de maior (GALHARDI; AZEVEDO, 2013)

Os domínios descritos na taxonomia são sucessivos, sendo que haja a necessidade de um nível dominado para que se possa alcançar o próximo. Para essa verificação, os verbos são usados para orientar a forma de como os objetivos devem ser desenvolvidos para o aumento cognitivo do estudante.

Diversos pesquisadores fizeram revisões da taxonomia de Bloom original criando diferentes versões. Santos (2007) descreve que a mais notável modificação da taxonomia revisada é que a estrutura se divide em 2 dimensões: a dos processos cognitivos e a dos processos do conhecimento. Na Taxonomia de Bloom Revisada, os Níveis Cognitivos foram modificados nas formas verbais, conforme a Figura 2.

FIGURA 2 – Taxonomia dos objetivos educacionais de Bloom



Fonte: SILVA; MOURA, 2017. (Adaptada)

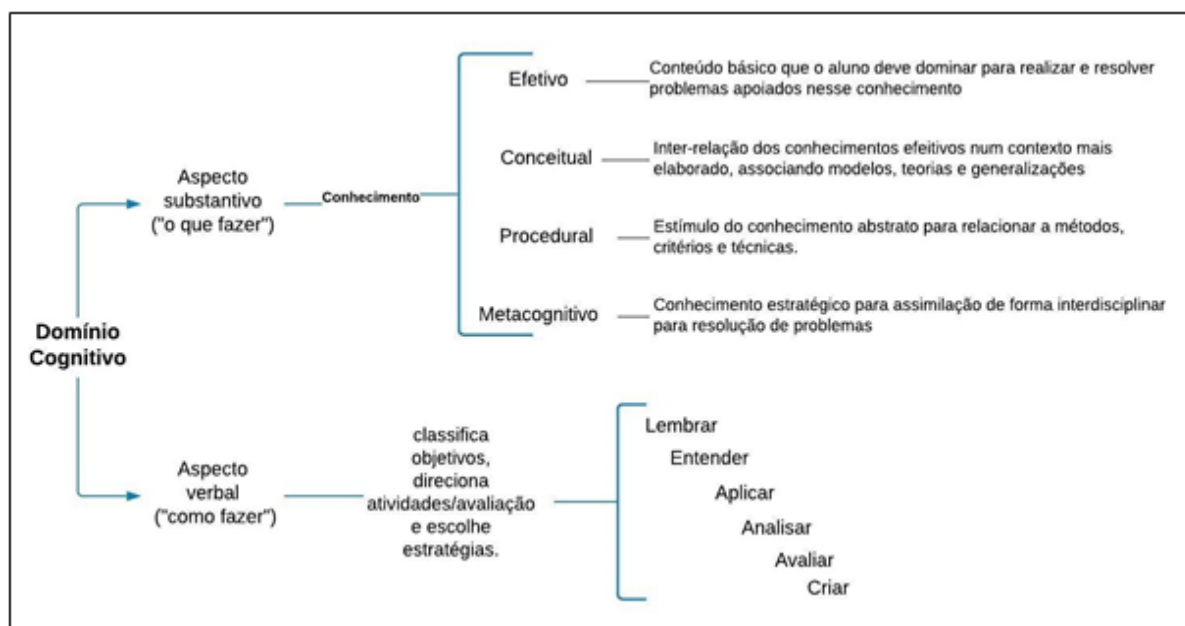
Com essa mudança, há o aumento do entendimento da ação pretendida e dos resultados esperados com objetivo educacional. Apesar de ter modificado a

nomenclatura, a hierarquia continuou sendo mantida. No modo revisado, cada um desses verbos está associado à finalidade de esclarecer como se espera que o objetivo educacional seja alcançado. Segundo Silva; Moura (2017) a inclusão da categoria “Conhecimento Metacognitivo” facilitou o planejamento do processo ensino-aprendizagem para refletir sobre o que se sabe com as informações que se têm e como manipular essas informações para que haja um desenvolvimento efetivo sobre o questionamento levantado na habilidade.

Os objetivos descritos na Taxonomia de Bloom utilizam verbos de ação e substantivos para descrever os processos cognitivos esperados pelo discente. Diversos pesquisadores se empenharam em realizar uma revisão da Taxonomia de Bloom original, a fim de aprimorá-la. Uma das melhores propostas de revisão da Taxonomia de Bloom encontra-se no trabalho de Krathwohl (2002), em que a dimensão do Conhecimento engloba as subcategorias da definição da categoria conhecimento na taxonomia original (GALHARDI; AZEVEDO, 2013).

Segundo Krathwohl (2002), ao analisar a relação direta entre verbo e substantivo verificou-se que deveriam pertencer a dimensões separadas na qual os substantivos formariam a base para a dimensão conhecimento (o que) e verbo para a dimensão relacionada aos aspectos cognitivos (como). Essa separação de substantivos e verbos, conhecimento e aspectos cognitivos, deu um caráter bidimensional à taxonomia original e direcionou todo o trabalho de revisão, conforme a figura 3.

FIGURA 3 - Dimensões do domínio cognitivo da Taxonomia de Bloom revisada



Fonte: A autora, 2020.

A figura 3 mostra uma definição estruturada do domínio cognitivo, considerando a aquisição de conhecimento que direcionará o processo de ensino para a escolha adequada de estratégias, de métodos, de delimitação do conteúdo específico, de instrumentos de avaliação e, conseqüentemente, para uma aprendizagem efetiva.

Bloom et al. (1983) descrevem que, para que seja considerada um instrumento adequado e eficaz, a Taxonomia deve ser usada como uma fonte de estímulos para a reflexão sobre os problemas de ensino-aprendizagem, bem como proporcionar aos professores uma base de orientações quanto a métodos de desenvolvimento curricular, técnicas de ensino e técnicas de avaliação.

Segundo Conklin (2005), a Taxonomia Revisada tem contribuído para que educadores tenham uma visão holística do nível de entendimento de um assunto avaliativo, como por exemplo, a classificação hierárquica dos domínios de aprendizagem na resolução de uma situação-problema, como demonstrado a seguir.

2.2 O ENSINO EXPERIMENTAL EM CIÊNCIAS NOS ANOS INICIAIS

As crianças chegam nos anos iniciais do Ensino Fundamental com um grande acervo de ideias sobre os fenômenos e situações-problema dos quais estão envolvidas. Algumas dessas ideias possuem semelhança com as concepções científicas, outras apenas com o senso comum. De qualquer forma, elas podem servir como gatilho para construção do saber científico.

Dessa forma, é preciso planejar um ensino de Ciências que seja capaz de levar os alunos ao conhecimento, à cultura e à comunicação científica é um grande desafio dentro das escolas brasileiras. Começar a instruir esse conhecimento desde cedo às crianças traz à tona a dificuldade de abordar a linguagem científica de forma correta. E essa discrepância da linguagem atrapalha esses alunos de utilizar esse conhecimento durante a resolução e a tomada de decisões relacionadas aos empreendimentos das ciências e das tecnologias que interferem no seu cotidiano.

Em busca da formação de um estudante crítico-argumentador que seja capaz de compreender a Ciência na hora de fazer suas escolhas na sociedade, o ensino experimental é a opção para uma aprendizagem aliada à simulação dos conceitos. Assim, proporcionar ao aluno uma vivência prática da teoria desde os primeiros anos da escolarização, permite que trabalhem ativamente no processo de construção do conhecimento e no debate de ideias que afligem sua realidade. (ALVEZ; LIMA; MARCONDES, 2012).

Nos primeiros anos da escolaridade básica, em que se investe prioritariamente no processo de alfabetização das crianças, as habilidades de Ciências na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) buscam propiciar um contexto adequado para a ampliação dos procedimentos científicos.

[...] o processo investigativo deve ser entendido como elemento central na formação dos estudantes, em um sentido mais amplo, e cujo desenvolvimento deve ser atrelado a situações didáticas planejadas ao longo de toda a educação básica, de modo a possibilitar aos alunos revisitar de forma reflexiva seus conhecimentos e sua compreensão acerca do mundo em que vivem. Sendo assim, o ensino de Ciências deve promover situações nas quais os alunos possam: planejar e realizar atividades de campo (experimentos, observações, leituras, visitas, ambientes virtuais etc.)

(BRASIL,2018).

As experimentações do tipo investigativas citadas no documento vigente promovem uma aprendizagem que incentiva a reflexão, a geração de perguntas, a consideração de hipóteses e a troca com a sistematização de resultados, aspectos metodológicos importantes para a construção das habilidades científicas, como corrobora Gil Perez; Castro (1996). Porém, o que é verificado nas aulas práticas de Ciências é um “receituário” com ilustrações dos conhecimentos teóricos que devem ser seguidos minuciosamente, sem espaço para o questionamento e a contribuição do aluno.

Muitos professores não dominam conceitos básicos, ou explicitam um desacordo com as teorias científicas (SILVA, 2018). Grande parte desses docentes desenvolve estratégias de lecionar experimentação com mecanismos que lhes proporcionam uma segurança, uma vez que, no Brasil, a maioria dos professores atuantes nas séries iniciais do Ensino Fundamental é polivalente, ou seja, leciona as disciplinas de Língua Portuguesa, Matemática, Ciências, História e Geografia.

Conforme o Manual da Resolução do Conselho do Estado do Espírito Santo, resolução 3.777/2014, no capítulo I da Organização das Instituições de Ensino, seção II que dispõe: “Considerando-se profissionais da educação quem está no efetivo exercício nas instituições de ensino e possui habilitações: II – professores habilitados em pedagogia para a docência na educação infantil e nos anos iniciais do Ensino Fundamental”. (ESPÍRITO SANTO, 2014).

Em virtude dessa “polivalência curricular”, os professores desenvolvem atividades em que o objetivo dos experimentos é demonstrar as explicações por meio de fixação de conteúdos. Com isso, acabam optando por conteúdos relativos aos cuidados com a saúde, com a alimentação e com a higiene. Os docentes seguem o livro didático passo a passo; evitam fomentar o diálogo e o questionamento das coisas e de seus porquês.

É necessário ressaltar que o Ensino Experimental se relaciona com o construtivismo de Piaget, uma vez que enfatiza a participação do aluno na construção do conhecimento. Assim fica evidente que o conhecimento da Ciência com mais esclarecimento, permite que o aluno aprenda como se deve questionar e o aprendizado se dá principalmente por meio do questionamento e da investigação. Dessa forma, os alunos se tornam pessoas críticas, com pensamento lógico e que desenvolvem a habilidade de argumentar.

Não basta que os alunos apenas realizem o experimento; é necessário integrar a prática com discussão, análises dos dados obtidos e interpretação dos resultados, fazendo com que o aluno investigue o problema, ultrapassando a concepção da experimentação pela experimentação, ou seja, de utilizar esta estratégia como fio condutor para uma aula mais agradável ou estimulante, sem muitos aprofundamentos conceituais e com pouca ou nenhuma relação da teoria com a prática. Pelo contrário, as atividades precisam direcionar seus objetivos para o desenvolvimento conceitual e cognitivo dos alunos e permitir a eles evidenciar fenômenos e reconstruir suas ideias (SUART; MARCONDES, 2008)

A importância da inserção do ensino experimental a partir das séries iniciais é motivar o confronto do aluno com o objeto do conhecimento que o levará a participação ativa no processo de aprendizagem, valorizando o fazer, o refletir e o errar.

Lorenzetti; Delizoicov (2001) sugerem a utilização de livros de literatura infantil, que tenham alguma relação com a Ciência, como uma estratégia de desenvolver a leitura e o desenvolvimento científico desde o início do processo de escolarização. Nessa perspectiva, o ensino de Ciências pode se constituir num potente aliado para o desenvolvimento da leitura e da escrita, uma vez que atribui sentido e significados às palavras e aos discursos.

Sasseron; Carvalho (2008) amparam as ideias de Bybee e DeBoer, Fourez, Hurd e Lemke, em que a escola deve permitir aos alunos a compreenderem e saberem sobre Ciências, suas tecnologias e as relações das duas com a sociedade como condição para preparar cidadãos para o mundo atual. Assim sendo, defendem que emerge a necessidade de um ensino de Ciências capaz de fornecer aos alunos não somente noções e conceitos científicos, mas também é importante e preciso que os alunos possam “fazer ciência”, sendo defrontados com problemas autênticos nos quais a investigação seja condição.

2.3A ATIVIDADE EXPERIMENTAL PROBLEMATIZADA (AEP)

Sabe-se que os alunos das séries iniciais do Ensino Fundamental não apresentam maturidade nem conhecimento específico para pensar e até mesmo “fazer ciência”. É importante destacar a relevância do planejamento docente em organizar uma metodologia que propicie tempo e espaço para que o discente, diante de uma situação problema, se sinta motivado a resolvê-la por meio da construção de hipóteses, da

interpretação e da socialização dos resultados. Sendo assim, por meio dessas ações, o educado tanto “faz” como “aprende sobre Ciência”.

Ao mencionar “aula de Ciências” para o público dos anos iniciais do Ensino Fundamental, os estudantes vinculam essa expressão às experiências de laboratório. Na atualidade existem variações na nomeação do termo “experimentação” como os autores Silva; Moura (2018) apresentam: aulas práticas, atividades laboratoriais ou práticas, entre outros. Também há um forte interesse dos alunos pelas temáticas científicas, uma vez que são motivados a proceder e manipular os materiais laboratoriais.

Neste sentido, conforme defendem os autores Silva; Moura (2018), é necessário que a experimentação sirva como um instrumento de construção de conhecimentos, não sendo somente uma sequência de atividades a serem seguidas por resultados conhecidos previamente e constituídos por um roteiro rigidamente estabelecido. Para os autores, uma experimentação com esse tipo de roteiro, acarreta a construção de uma prática na qual o aluno ausenta a necessidade de questionar os resultados encontrados, obtendo respostas prévias sem compreender efetivamente as razões de suas ações.

Dessa forma, os autores criticam a prática de experimentos sem contextualização nem caráter investigativo, o que dificulta a aquisição do conhecimento científico do aluno no “fazer ciência”:

[...] essa concepção pode conduzir à proposição de atividades experimentais que pouco contribuirão para uma aprendizagem significativa, o que pode gerar um processo pedagógico mecanizado, de modo a não motivar e/ou não proporcionar o desenvolvimento cognitivo ou de emancipação crítica do aprendiz. [...] (SILVA; MOURA, 2018)

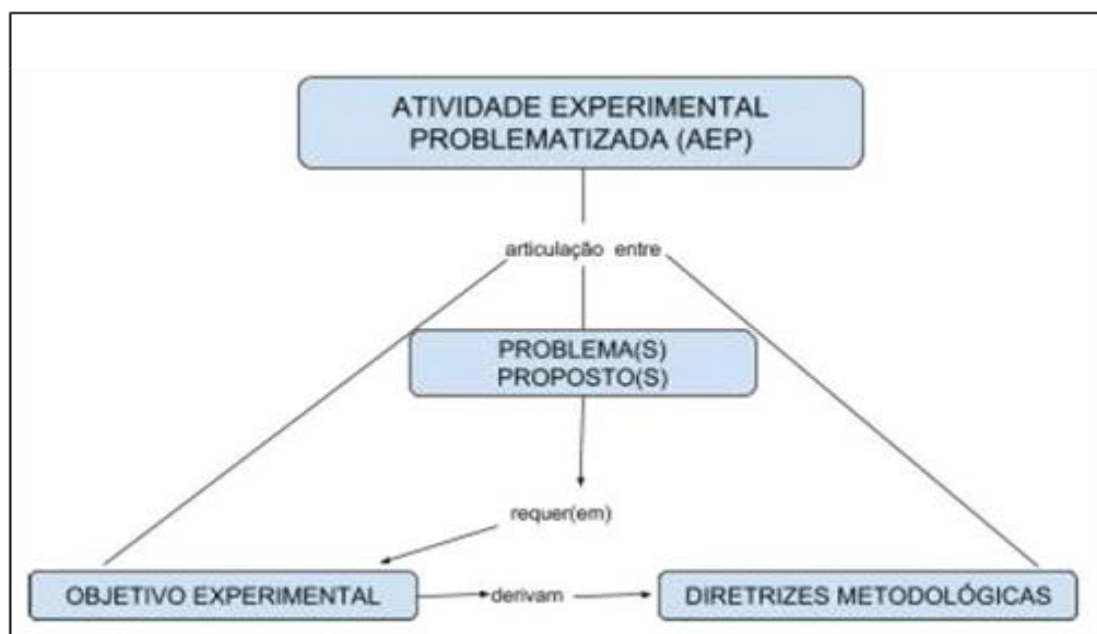
Analisando a metodologia como vem sendo construída e aplicada às aulas práticas, os autores conceberam a AEP como um instrumento de construção do conhecimento em Ciências. Essa proposição de metodologia ativa experimental estimula o estudante a realizar seus registros, discutir seus resultados, levantar suas hipóteses e avaliar as possíveis explicações para que haja uma discussão com o professor e assim, durante essas etapas do experimento, desenvolver a autonomia e protagonismo desse aluno.

A AEP é fundamentada pela Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel e na Epistemologia de Thomas Kuhn (EPK). Essa proposição de metodologia ativa experimental apresenta como eixo teórico um processo de experimentação a partir de uma situação-problema. A partir da demarcação do problema, são traçados o objetivo experimental e as diretrizes metodológicas. As etapas da AEP descritas pelos autores são:

- Problema Proposto: pergunta que instiga uma busca por uma solução. Distingue-se de uma questão ou da singularidade de uma pergunta, diferencia-se no sentido de tratar-se de ações que visam aproximar teoria e observação, favorecendo compreensões científicas diversificadas.
- Objetivo Experimental: problemática levantada, o qual será responsável por levar aos resultados, mas, não em si só à solução do problema proposto, tratando-se do que se pretende desenvolver empiricamente em termos de produto/ação.
- Diretrizes Metodológicas: são as ações que orientam a prática provenientes do objetivo experimental. A partir dessas diretrizes os professores devem garantir as condições metodológico-organizacionais necessárias ao desenvolvimento de uma atividade experimental capaz de gerar aprendizagem significativa.

A seguir, a Figura 4 sistematiza o processo que desencadeia a AEP.

FIGURA 4 - Articulação Teórico-Metodológica para a construção da AEP.



Fonte: Silva; Moura (2018, p.108)

A AEP está organizada em dois eixos principais, sendo um de natureza teórica e outra metodológica. Para cada eixo há uma síntese de elementos denotativos que norteiam essa estratégia experimental com a finalidade de buscar uma “ação” para elucidar a situação-problema, conforme descrito no Quadro 1.

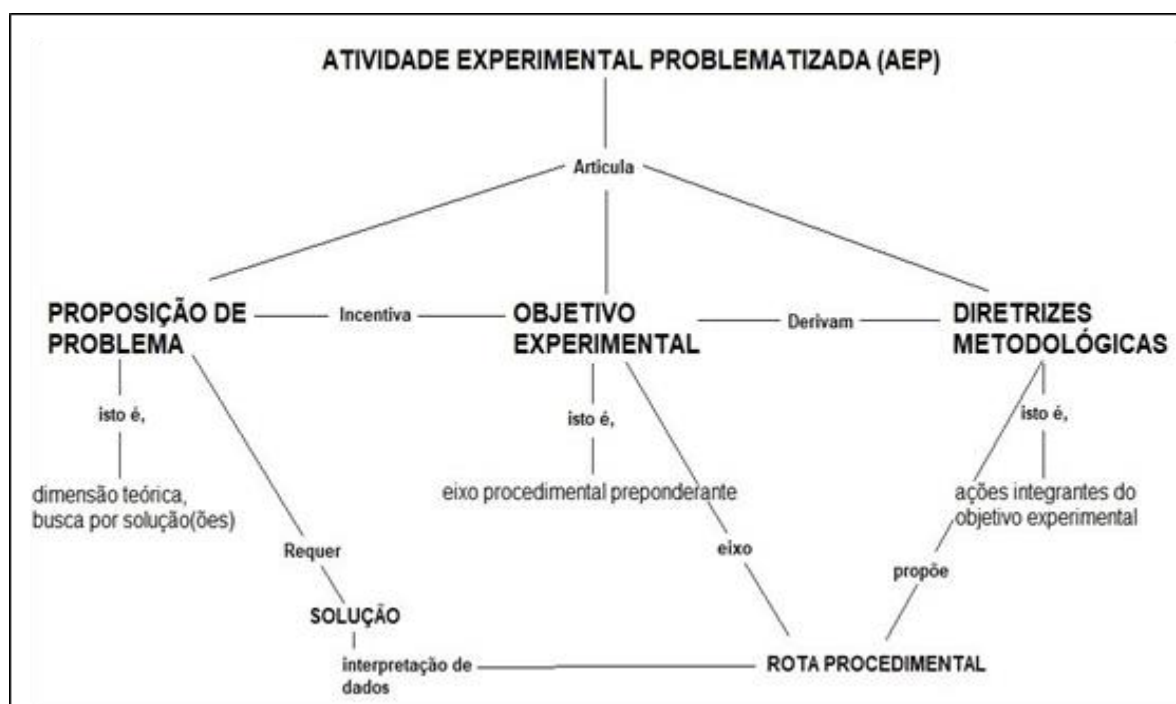
QUADRO 1 - Síntese dos elementos denotativos da AEP.

Eixos	
Teórico – o planejar	Metodológico – o executar
a. Proposição do Problema	i. Discussão prévia
b. Objetivo experimental	ii. Organização/desenvolvimento
c. Diretrizes metodológicas	iii. Retorno ao grupo de trabalho
	iv. Socialização
	v. Sistematização

Fonte: Silva; Moura (2018,p.103)

A partir da síntese dos elementos denotativos da AEP se estabelecem as diretrizes metodológicas necessárias para se atingir os resultados pretendidos. Isto posto, a Figura 5 esquematiza o fluxo que caracteriza a AEP.

FIGURA 5 – Fluxo da AEP



Fonte: Silva; Moura (2018)

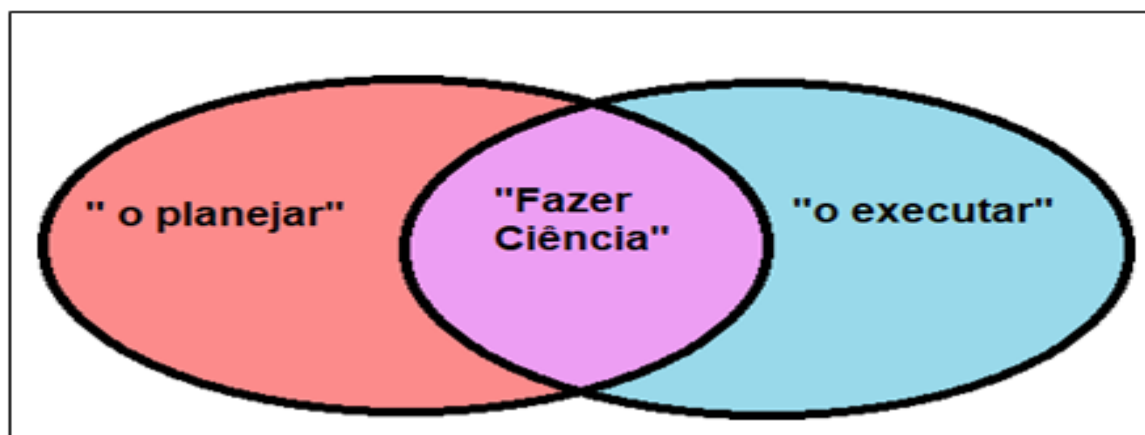
A elaboração, a apresentação e a elucidação dos eixos configuram-se como atribuições personalizadas do professor, na proposição da metodologia ativa experimental, ou seja, Atividade Experimental Problematizada (AEP), que inverte a rota investigação/ resolução de um problema:

[...] propõe-se uma experimentação tendo-se como base a demarcação de um problema, de natureza teórica, a partir do qual se desenvolverá uma proposta de ações experimentais, como uma de suas possibilidades metodológicas e processuais para obtenção de uma possível solução àquele. De um modo mais elucidativo, em AEP, um problema teórico dá origem a uma atividade experimental, em sua estrutura teórico-metodológica.

(SILVA; MOURA, 2018).

A AEP se caracteriza como uma metodologia ativa pela forma não linear como ela acontece, de maneira que “o Planejar” e “o Executar” se integram e se interseccionam no “Fazer Ciência”, conforme ilustrado na Figura 6.

FIGURA 6 – AEP como o “Fazer Ciência”.



Fonte: A autora, 2020.

O “Fazer Ciência” é a conjugação indissociável entre teoria e prática, de modo que seu ponto de partida decorre de uma situação provocada a partir de uma ação docente, ou seja, caracteriza-se como um processo de ensinagem. A leitura de um livro paradidático; a exibição de um documentário ou de um filme científico; o áudio de podcast; são situações provocadoras à aprendizagem. Logo, amplia-se as possibilidades de construir uma proposição, uma estratégia, uma ação metodológica que articule “o Planejar” e “o Executar”.

Nesse aspecto, a Atividade Experimental Problematizada (AEP) distingue-se de outras propostas de metodologias ativas, por ser personalizada à necessidade específica gerada a partir de um problema proposto, que desencadeará o objetivo experimental e as diretrizes metodológicas próprios. Logo, a Atividade Experimental Problematizada (AEP) propicia a aquisição e a compreensão de conhecimentos necessários a respeito dos fenômenos da natureza, em um processo hermenêutico-interpretativo do “Fazer Ciência”.

2.3.1 Habilidades cognitivas necessárias à aprendizagem em Ciências

O desenvolvimento de habilidades cognitivas se relaciona aos processos de aprendizagem, demarcados por alterações nos conhecimentos dos indivíduos. O termo “habilidade” pode ser compreendida como a capacidade de relacionar “o Fazer” (teoria) e “de que modo” (prática). O termo cognitivo tem origem no latim “cognitum” e significa “conhecer”. Logo, habilidades cognitivas são os conhecimentos adquiridos e compreendidos por um indivíduo.

As habilidades cognitivas são capacidades que fazem o indivíduo competente e que lhe permitem interagir simbolicamente com seu meio ambiente. Essas habilidades formam a estrutura fundamental do que se poderia chamar de competência cognitiva da pessoa humana permitindo discriminar entre objetos, fatos ou estímulos, identificar e classificar conceitos, levantar/construir problemas, aplicar regras e resolver problemas. Elas estão na base dos processos de transferência que propiciam a construção continuada da estruturação de processos mentais cada vez mais complexos na direção da construção/reconstrução de estratégias (cognitivas). (GATTI, 2009)

Desse modo, o processo de aprendizagem cognitiva envolve o desenvolvimento motor e intelectual, ambos interligados ao estímulo que foi sobreposto a esse indivíduo. Iniciar esses estímulos nos primeiros anos de vida aumentam a autonomia e colaboram para interpretar e refletir os conteúdos de aprendizagens no desenvolvimento das habilidades cognitivas (SOUSA *et al.*, 2015).

As teorias cognitivistas de aprendizagem enfatizam o processo de cognição, por meio do qual a pessoa atribui significados à realidade em que se encontra. Preocupa-se com o processo de compreensão, transformação e uso da informação envolvido na cognição e procura regularidades nesse processo mental (OSTERMANN; CAVALCANTI, 2011).

Dentre as teorias cognitivas, destaca-se a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel, citada por Pelizzari *et al.* (2002), que trata da reflexão sobre a aprendizagem escolar e o ensino. O autor entende que ensinar envolve a criação de situações que proporciona aprendizagem com significação ao aluno.

Para haver aprendizagem significativa são necessárias duas condições: em primeiro lugar, o aluno precisa ter uma disposição para aprender - se o indivíduo quiser memorizar o conteúdo arbitrária e literalmente, então a aprendizagem será mecânica. Em segundo, o conteúdo escolar a ser aprendido tem que ser potencialmente significativo, ou seja, ele tem que ser

lógica e psicologicamente significativo: o significado lógico depende somente da natureza do conteúdo, e o significado psicológico é uma experiência que cada indivíduo tem. Cada aprendiz faz uma filtragem dos conteúdos que têm significado ou não para si próprio. (PELIZARRI *et al*, 2002).

Além das duas condições descritas acima, a teoria de Ausubel, entende que é necessário que o material utilizado na transmissão do conhecimento seja significativo, ou seja, criando também um elo com o conhecimento que o mesmo já tenha apreendido anteriormente, permitindo assim que o aluno elabore novos significados, que serão incorporados em sua estrutura cognitiva.

A aprendizagem significativa se dá quando a nova informação adquire significados para o aluno com determinada clareza, estabilidade e diferenciação através de uma ancoragem de subsunçores específicos (Silva; Moura, 2018).

Moreira (2012) descreve o processo de ancoragem de subsunçores como: um conceito, ideia, proposição, modelo, fórmula ou imagem capaz de interagir com o novo conhecimento recebido. O autor diferencia três formas de aprendizagem significativa, sendo elas: subordinada, superordenada ou combinatória.

A aprendizagem significativa subordinada ocorre quando o novo conhecimento interage com subsunçores mais gerais e inclusivos existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. Por exemplo, um aluno que já aprendeu diferenciar os estados de agregação (sólido, líquido e gasoso), ao tomar conhecimento das formas que podemos separar esses materiais, incorporará os novos conhecimentos de forma subordinada ao conceito anterior.

Já a aprendizagem superordenada ocorre de forma inversa, quando o novo conhecimento passa a subordinar, por processos de abstração, indução ou síntese, o subsunçor preexistente. Um aluno, por exemplo, que não conhece a definição de fusão, mas conhece que o sol derrete o gelo nas montanhas; entende que manteiga derrete ao ser passada no pão quente; sabe que o chocolate derrete no banho-maria; poderá identificar propriedades comuns entre os exemplos citados e, de forma indutiva, alcançar a compreensão do conceito "fusão".

E por fim a aprendizagem significativa combinatória acontece quando a atribuição de significados depende da interação do novo conhecimento com vários subsunçores já

existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Essa aprendizagem significativa combinatória se dá quando os alunos integram outras ideias e conceitos abordados em outras ocasiões, como: relacionam o gosto azedo do limão com acidez; percebem a adstringência do sabão com a basicidade; associam as mudanças dos estados físicos à alteração do calor; encontram uma maneira de pesar um balão de gás Hélio.

Nesse tipo de aprendizagem, os novos conhecimentos não se relacionam de forma subordinada nem superordenada com subsunçores preexistentes na estrutura cognitiva do sujeito que aprende.

Efetivamente, a aprendizagem significativa tem vantagens notáveis, tanto do ponto de vista do enriquecimento da estrutura cognitiva do aluno como do ponto de vista da lembrança posterior e da utilização para experimentar novas aprendizagens, fatores que a delimitam como sendo a aprendizagem mais adequada para ser promovida entre os alunos (PELIZZARI *et al*, 2002).

No contexto educacional científico, as vantagens decorrentes da aplicação das estratégias da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) se dá pela estimulação criativa das estruturas cognitivas do aprendiz através da experimentação, pela descoberta ou pela recepção dos conteúdos próprios de um material instrucional.

A aprendizagem por descoberta demanda que o ser aprendente descubra, primeiramente, o que será aprendido por meio da sequência do conhecimento prévio adequado, do material potencialmente significativo e da predisposição para aprender. Esse modo de aprender, por recepção, significa que o aprendiz não precisa descobrir para aprender e requer o relacionar e envolver, interativamente, os novos conhecimentos com aqueles subjacentes na estrutura cognitiva (MOREIRA, 2012).

Na aprendizagem receptiva (ou por recepção), por sua vez o aprendiz “recebe” o conhecimento no seu formato finalístico, como: mapas conceituais, recursos audiovisuais, pesquisa bibliográfica, dentre outros. (SILVA ; MOURA, 2018).

Segundo Silva; Moura (2018), do ponto de vista didático-pedagógico, ao considerar as diferenças existentes entre as aprendizagens por recepção e por descoberta, pode-se dizer que depende de como a nova informação é armazenada na estrutura cognitiva do aprendiz. Ou seja, ambas aprendizagens não hierarquizam o modo de aprender uma da outra, mas sim há uma relação contínua entre elas caracterizando o

processo dinâmico da estrutura cognitiva do aprendiz, de modo que as diferentes aprendizagens se caracterizam por serem personalizadas para cada estudante.

Tendo em vista o processo dinâmico cognitivo das aprendizagens personalizadas, se estabelecem critérios teóricos e metodológicos no planejamento das atividades experimentais, contudo, sem estabelecer o roteiro predefinido das práticas. As investigações de situações-problemas atraem a atenção do aluno e dá suporte de aprendizagem significativa.

Nessa abordagem, a experimentação não é um produto acabado e limitado, mas instigante ao processo dinâmico da estrutura cognitiva do aprendiz. Os níveis cognitivos estão relacionados ao esforço mental exigido para o aprendiz resolver determinado problema experimental.

Ou seja, exigir maior esforço mental significa que os alunos deveriam desenvolver habilidades de maior nível cognitivo. As atividades experimentais investigativas, portanto, podem contribuir para o desenvolvimento de habilidades cognitivas, desde que sejam planejadas e executadas de forma a privilegiar a participação do aluno. (WRIGHT *et al.*, 2018).

O ensino experimental fundamentado na busca por solução de problemas baseia-se, sobretudo, na relação estabelecida entre os desafios e a busca de estratégias particularizadas para prover meios teóricos, epistemológicos e procedimentais em que os alunos desenvolvam e utilizem conhecimentos que os auxiliem na solução, sempre progressiva e hierárquica, das questões de cunho científico que se lhes apresentam.

Ensinar a resolver problemas não consiste somente em dotar os alunos de habilidades e estratégias eficazes, mas também em criar neles o hábito e a atitude de enfrentar a aprendizagem como um problema para o qual deve ser encontrada uma resposta. Não é uma questão de somente ensinar a resolver problemas, mas também de ensinar a propor problemas para si mesmo, a transformar a realidade em um problema que mereça ser questionado e estudado (POZO, apud SILVA *et al.* 2019).

Para as teorias cognitivas de aprendizagem, categorizar ou organizar o mundo em conceitos é requisito necessário para o desenvolvimento de habilidades cognitivas e para a evolução dos níveis cognitivos, que se relacionam aos raciocínios e abstrações mais complexas sobre objetos, situações e fenômenos (SOUZA, 2015).

Por fim, cabe destacar que os objetivos de ensino, os parâmetros de aprendizagem e o processo de avaliação estão correlacionados com os níveis cognitivos alcançados na formação escolar.

A seguir, será apresentado um tipo diferenciado de avaliação computacional personalizada que trata das premissas que estão além das perguntas objetivas (múltipla escolha, certo ou errado, preenchimento de lacunas etc), que compara diferentes níveis de complexidade no que se refere ao conhecimento previamente definido.

2.4 AVALIAÇÃO COMPUTACIONAL DE APRENDIZAGEM: O SOFTWARE PNOTA

A Inteligência Artificial (IA) surgiu com o objetivo de criar máquinas inteligentes e de como estas afetariam os processos existentes, indo além da criação de sistemas que possuem somente características procedimentais, sendo também capaz de se adaptar e tomar decisões (MILETTO *et al.*, 2004). Com isso, as técnicas de IA começaram a ser aplicadas nos softwares para fins pedagógicos de avaliação computacional, como é o caso do *Software pNota*.

O *Software pNota* é uma metodologia computacional que apoia o processo de ensino-aprendizagem de classificação. Por meio dessa metodologia e de técnicas de reconhecimento automático de perfis de alunos, a tecnologia auxilia o professor a diagnosticar seus estudantes e a realizar ações de avaliação formativa possibilitando maior prática de exercícios, *feedbacks* mais rápidos, retomada de revisão dos assuntos menos eficazes. Baseado na clusterização, esse software integra o processo de inteligência artificial ao protagonismo do docente de forma interativa.

A clusterização é uma técnica que utiliza a abordagem de aprendizagem não-supervisionada, em que a auto-organização de padrões em classes são selecionados sem necessitar de exemplos de padrões rotulados para orientar como classificar novos modelos. O agrupamento (ou *clustering*) de dados é um método no qual conjunto de objetos (por exemplo, documentos) que de alguma forma, são similares em características. Na ciência da computação/informática esse método é muito

estudado e possui muitas aplicações na área de recuperação da informação e classificação de documentos.

Com o propósito de reduzir esforços do professor no processo de correção de quadros de classificação, a tecnologia de agrupamento de padrões foi apresentada como uma ferramenta para reconhecer e agrupar respostas similares fornecidas por alunos, a clusterização automática (JAIN; MURTY; FLYNN, 1999; STEINBACH; KARYPIS; KUMAR, 2000).

Logo, o objetivo dessa clusterização é formar grupos caracterizados por alta homogeneidade entre padrões de um mesmo grupo e heterogeneidade entre padrões de grupos distintos. Isso significa que os padrões devem ser semelhantes entre si dentro do mesmo grupo e diferentes em relação aos padrões de outros grupos (STEINBACH; KARYPIS; KUMAR, 2000).

Para ter acesso às informações do *software pNota*, o usuário (professor) deverá fazer um cadastro por meio do e-mail e seguir as orientações descritas no capítulo da Metodologia da Pesquisa.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

Partindo do ponto de vista da abordagem dos objetivos e do problema, a metodologia adotada foi do tipo pesquisa-intervenção com a abordagem mista qualitativa e quantitativa.

O tipo da pesquisa, do ponto de vista dos objetivos, foi a pesquisa-intervenção. Essa pesquisa tem esse nome porque viabiliza a construção de espaços de problematização junto às práticas pedagógicas e potencializa a ação de um novo pensar no fazer educação (ROCHA, 2003).

Fávero (2011) afirma que a pesquisa-intervenção favorece a transformação dos sujeitos envolvidos na pesquisa, pois o pesquisador é também o professor que empreende a aplicação de propostas pedagógicas planejadas junto aos personagens de pesquisa. As atividades elaboradas têm objetivos de provocar mudanças que contribuirão para os avanços na aprendizagem dos mesmos e, posteriormente, avaliar as consequências dessa intervenção à luz da teoria.

É uma intervenção em pequena escala no mundo real e um exame muito mais próximo dos efeitos dessa intervenção. Por ser situacional, o enfoque está na preocupação com o diagnóstico do assunto em um contexto específico para tentar resolvê-lo nesse contexto. É usualmente colaborativa, pois o pesquisador trabalha junto com o projeto fazendo as modificações necessárias para a implementação da pesquisa (MOREIRA; CALEFFE, 2008).

Nesse estudo, foi trabalhado concomitantemente com os professores do 5º ano para apresentá-los a abordagem da Atividade Experimental Problematizada (AEP). À medida que foi sendo executada essas atividades, os professores regentes e os estudantes das turmas envolvidas faziam parte do cenário de estudo. Enquanto o docente aprendia a organizar e planejar uma Atividade Experimental Problematizada (AEP) colocando a “mão na massa” dentro da atividade experimental, o estudante desenvolvia sua habilidade lendo o livro paradidático e executando seus procedimentos experimentais para elucidar o enigma da história.

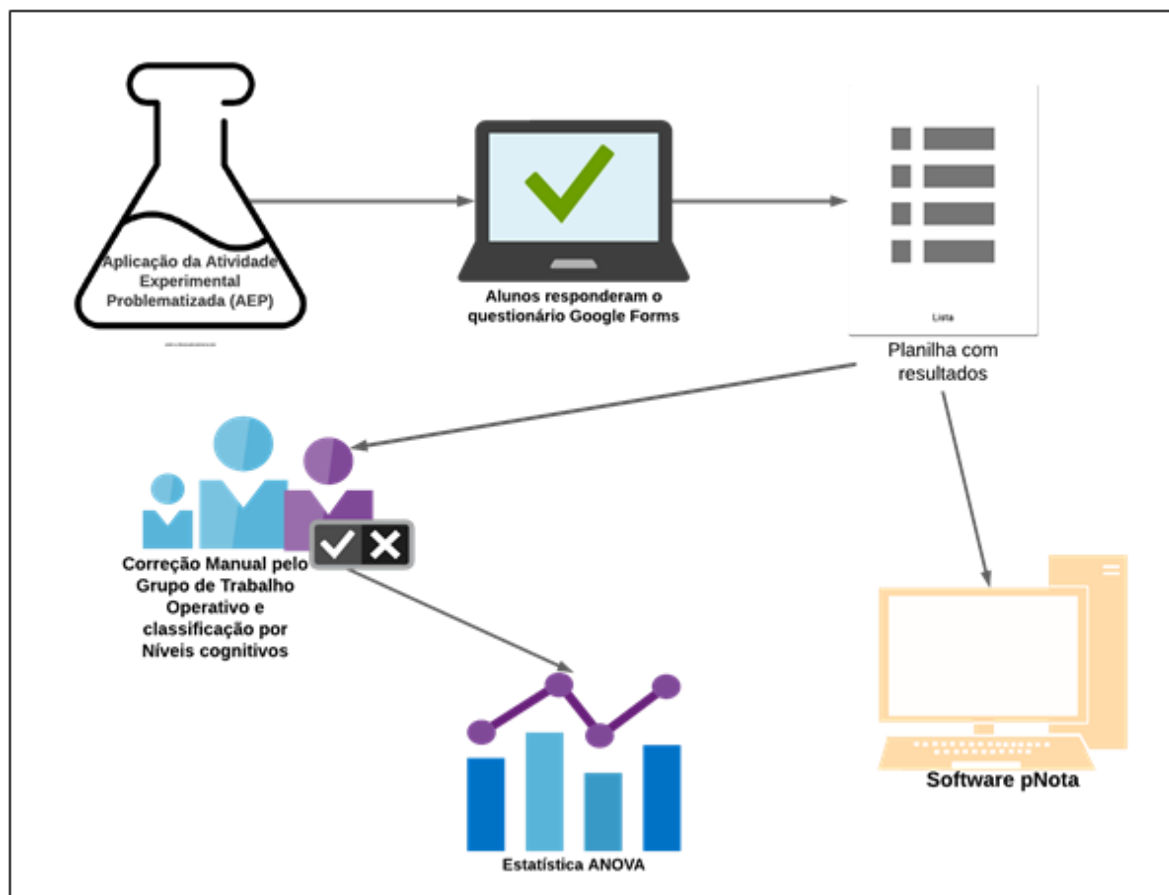
A versatilidade desse tipo de metodologia é considerável, pois o seu uso pode alcançar, em um extremo, o professor que está vivenciando uma nova maneira de ensinar dentro e fora da sala de aula e, no outro, um estudo sofisticado de uma mudança organizacional de uma turma. A pesquisa-intervenção permite superar as lacunas existentes entre a pesquisa educativa e a prática docente, ou seja, entre a teoria e a prática, e os resultados ampliam as capacidades de compreensão dos professores e suas práticas, por isso favorecem amplamente as mudanças.

De acordo com o Franco (2005), não deve ser confundida com um processo solitário de auto avaliação, uma vez que atua como uma prática reflexiva. Sendo isso, partindo da abordagem mista, foram utilizados os seguintes instrumentos e técnicas para a pesquisa. O questionário foi elaborado pela professora Especialista que sentiu a necessidade de avaliar a escrita e a aprendizagem dos estudantes. O documento foi realizado no *Google Formulário* e as respostas discursivas obtidas foram por meio de uma planilha de dados (convertida em Excel).

O *Google Forms* é um aplicativo gratuito de gerenciamento de pesquisas lançado pelo *website* Google. Nesse aplicativo os usuários podem coletar informações por meio de questionários, optativo ou discursivo, e formulários de registro. O questionário discursivo é o tipo de formulário usado para a coleta das respostas dos problemas-propostos discutidos nas Atividades Experimentais Problematizadas (AEP).

Os resultados obtidos nesse formulário foram usados para a abordagem do tipo quantitativo da pesquisa, conforme ilustra a Figura 7.

FIGURA 7 - Interface da abordagem quantitativa da pesquisa.



Fonte: a autora, 2020.

É interessante informar que a pesquisa quantitativa considera o que pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las. Requer o uso de recursos e de técnicas estatísticas (percentagem, média, moda, mediana, desvio-padrão, coeficiente de correlação, análise de regressão). Conforme afirma Kauak(2018), pode se tornar objetivo através da observação sistemática; evento bem especificado, delimitado e mensurável.

As técnicas estatísticas usadas nesse estudo foram duas: o teste paramétrico ANOVA e o Software pNota. Para compreender como cada técnica teve sua importância nessa abordagem é necessário entender o que foi feito com as respostas dos alunos no formulário discursivo.

Gil Perez; Castro (1996) destacam que apresentar situações-problema abertas, incentivar a reflexão e a geração de perguntas, potencializar análises de cunho quantitativo e sistematizar memórias científicas a partir de dados e das interpretações geradas de forma coletiva, são elementos importantes à investigação científica.

Uma Atividade Experimental Problematizada (AEP) pode ser considerada satisfatória quando reflete que a situação-problema não se resume nas respostas em si, mas na condução e na reflexão que delas demandam para consolidar resultados.

Para ter uma forma de analisar os caminhos que o estudante conseguiu elucidar uma resposta para um problema-proposto, Suart; Marcondes (2009) apontam três diferentes níveis de cognição e sua exigência inferida ao aluno, citadas no quadro 2.

QUADRO 2 - Parâmetros descritivos de exigências cognitivas.

Nível	Descrição (O que a situação-problema requer do aluno?).
1	Requer que o estudante somente recorde uma informação partindo dos dados obtidos.
2	Requer que o estudante desenvolva atividades como sequenciar, comparar, contrastar, aplicar leis e conceitos para a resolução do problema.
3	Requer que o estudante utilize os dados obtidos para propor hipóteses, fazer referências, avaliar condições e generalizar.

Fonte: Suart; Marcondes (2009).

A planilha gerada pelo formulário Google foi encaminhada à professora de Química conforme demonstrado na Figura 7. Junto aos professores regentes (Grupo de Trabalho Operativo), essas respostas, dos alunos, foram classificadas em níveis: 1 (Insuficiente), 2 (Adequado) ou 3 (Avançado).

Os critérios para essas classificações foram adaptados a partir do Quadro 2 de Suart e Marcondes (2009) e assim foram descritos os Parâmetros Classificatórios das Habilidades Cognitivas para análise das respostas desses estudantes, conforme o Quadro 3.

QUADRO 3 - Parâmetros classificatórios dos níveis cognitivos.

Nível	Classificação	Parâmetros
1	Insuficiente	O aluno não responde a palavra-chave ou responde apenas a palavra-chave para a resolução da AEP.
2	Adequado	O aluno consegue desenvolver uma frase com a palavra-chave para a resolução da AEP, citando alguma etapa do que visualizou dentro do experimento.
3	Avançado	O aluno consegue desenvolver uma frase com a palavra-chave para a resolução da AEP, cita alguma etapa do que visualizou dentro do experimento e complementa com outros exemplos do cotidiano.

Fonte: A autora, 2020.

Após essa classificação, os resultados desses critérios (níveis) foram submetidos a estatística ANOVA, seguida do teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o software GraphPadPrism (GraphPad Software, San Diego, CA) com nível de significância de $p \leq 0,05$.

A Análise de Variância ou ANOVA é um procedimento usado para comparar a distribuição de três ou mais grupos em amostras independentes. Essa análise pode determinar se as médias são diferentes. Um dos objetivos da sua aplicação é realizar o teste estatístico para verificar se há diferença entre distribuição de uma medida entre os grupos estudados. O teste de Tukey consiste em comparar todos os possíveis pares de médias e se baseia na diferença mínima significativa. É o método de comparações múltiplas sem um grupo controle. (PEREIRA, 2016).

Caso grupos de alunos apresentem mesma variabilidade e a mesma média de desempenho, suas distribuições tendem a se sobrepor, confirmando a hipótese de

que não existe diferença entre o desempenho das notas dos alunos. Caso contrário, quando os grupos apresentam a mesma variabilidade interna e médias de desempenho diferentes, as distribuições se distanciam quanto mais as médias de desempenho se diferenciam.

O Software *pNota* é uma metodologia computacional que utiliza a correção automática de pequenas respostas discursivas e melhora a avaliação formativa para a indexação de documentos textuais. É um ambiente virtual de avaliação de aprendizagem baseado na clusterização.

A clusterização é uma técnica que utiliza a abordagem de aprendizagem não supervisionada, em que a auto-organização de padrões em classes são selecionados sem necessitar de exemplos de padrões rotulados para orientar como classificar novos modelos.

O objetivo dessa técnica é formar grupos caracterizados por alta homogeneidade entre padrões de um mesmo grupo e heterogeneidade entre padrões de grupos distintos. Isso significa que os padrões devem ser semelhantes entre si dentro do mesmo grupo e diferentes em relação aos padrões de outros grupos (OLIVEIRA, 2010).

Após a coleta das respostas pelo *Google Forms*, o professor compartilha a matriz gerada, no formato de planilha, para a análise computacional dos elementos textuais e linguísticos com o e-mail para o *Software pNota*.

O método do *Software pNota* analisa o conjunto de respostas, encontra padrões relevantes e seleciona amostras de respostas para serem analisadas pelo professor. Assim que o professor recebe essas marcações, ele as avalia e reenvia ao *Software pNota*. Com as aprovações do docente, o *Software pNota* corrige as demais respostas de acordo com os padrões de avaliação recebidos.

O docente recebe as avaliações finais do sistema junto com o *feedback* descrevendo o conjunto de respostas (“menções de palavras”). Os resultados são apresentados para os alunos e discutidos em sala. Se necessário, podem ser ajustados e submetidos a análise novamente. Após o período de alteração, o *Software pNota*

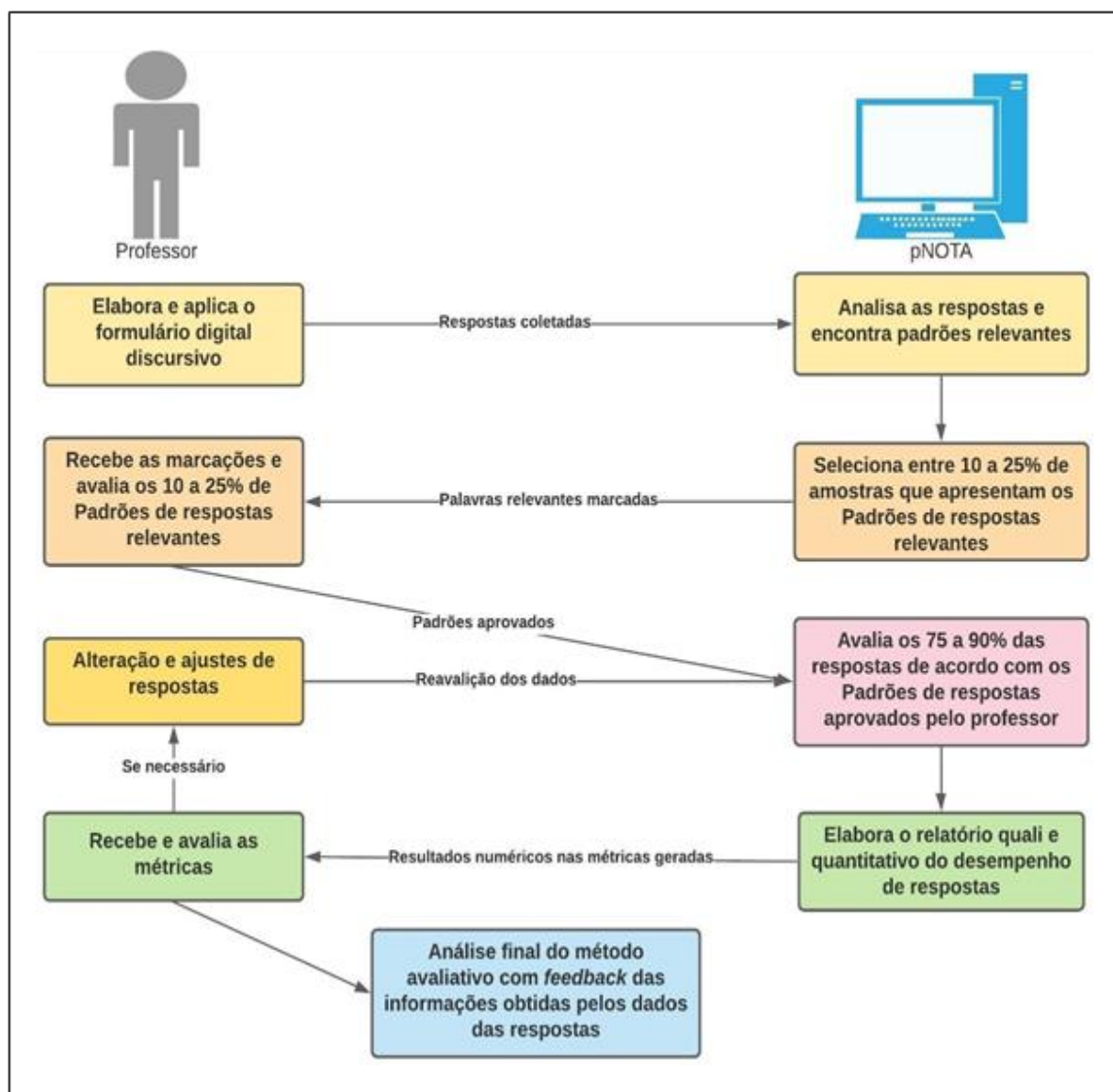
coleta as notas com os resultados estabelecidos e elabora o relatório comparando os resultados finais com a avaliação do professor.

O resultado é um relatório descrevendo qualitativamente e quantitativamente o processo avaliativo. Nesse relatório retrata o esforço necessário para avaliação conjunta com o *pNota*, a qualidade dos resultados segundo a equivalência de correção do professor e do sistema e informações relevantes do conjunto de resposta.

O esforço representa o percentual de respostas que o sistema requisitou para avaliação para aprendizado do modelo da atividade. Os resultados numéricos descrevem de 0 a 100% o aprendizado do modelo avaliativo pelo sistema e seu desempenho de acordo com as notas do professor. Por fim, os *feedbacks* (intermediário e final) sobre o conjunto de resposta descrevem as respostas e a frequência que certas informações foram apresentadas no conjunto de dados.

A Figura 8 ilustra o Fluxo metodológico desse Software.

FIGURA 8 - Fluxo metodológico do pNota.



Fonte: A autora, 2020.

Em cada submissão marcada, o estudante pode comparar com seus colegas a equivalência das respostas e discutir o resultado com o professor que, por consequência, reavalia seu método segundo a correspondência das submissões dos estudantes. Dessa forma, o docente caracteriza seu processo de avaliação endossando e justificando seu método avaliativo. É possível listar quais conteúdos não tiveram sua devida atenção e devem, portanto, ser reforçados. A forma analítica

do sistema pNota é avaliar respostas com uma média de até 20 palavras. Mais do que isso o interessado deve entrar em contato com os desenvolvedores.

O *Software pNota* traz avaliativas das respostas dos estudantes em percentuais dentro das métricas: *Correção (COR)*, *Precisão (PRE)*, *Revisão (REV)*, *Ponderação (F1)* e *Erro Médio Absoluto (MAE)*. Todas essas métricas estarão descritas nos resultados.

Para comparar os resultados percentuais do *Software pNota* com o Nível Cognitivo, foi necessária uma Equivalência de Conversão conforme o Quadro 4.

QUADRO 4 - Equivalência de conversão do nível cognitivo para pNota.

NÍVEL	ESCALA	PORCENTAGEM DO pNota
1	0,5	0 a 16,67%
	1,0	16,68 a 33,33%
2	1,5	33,34 a 50,00 %
	2,0	50,01 a 66,67%
3	2,5	66,68 a 83,33%
	3,0	83,34 a 100%

Fonte: A autora, 2020.

No próximo subtítulo serão apresentadas as etapas e a caracterização da escola estudada.

3.1 AS ETAPAS DA PESQUISA

Para melhor compreensão do projeto, a Figura 9 resume a pesquisa organizada na linha do tempo:

FIGURA 9 - Desenho das etapas da pesquisa.

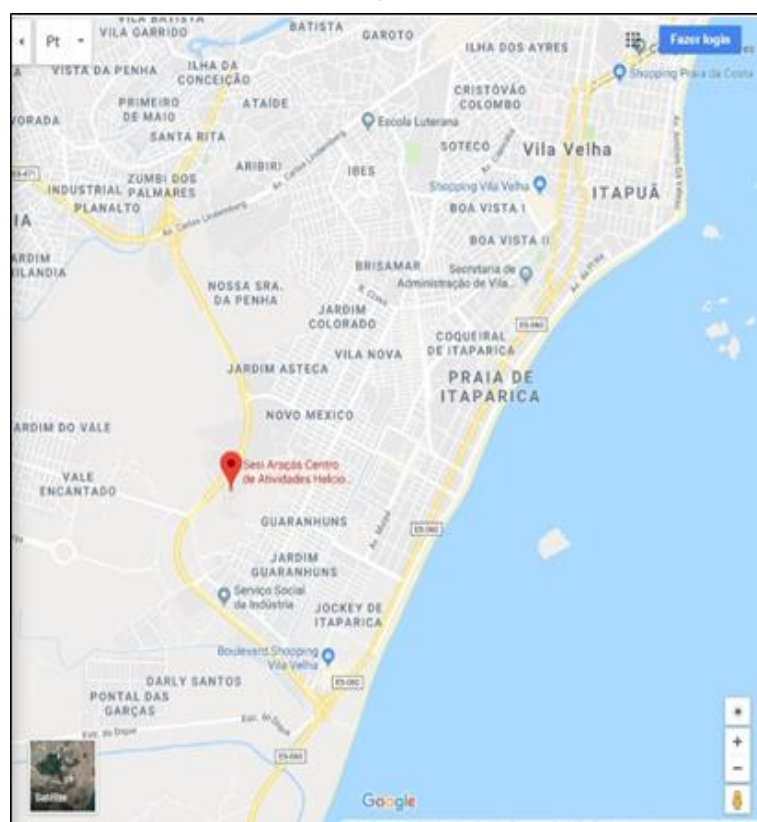


Fonte: A autora, 2020.

3.1.1 Caracterização e contextualização da escola e público-alvo

A escola na qual a Atividade Experimental Problematizada (AEP) foi aplicada faz parte da maior rede de ensino privado no Espírito Santo. Ela oferece Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio integrado ao Ensino Técnico. Ela está localizada na Rodovia Darly Santos, s/nº, Guaranhuns, Vila Velha, ES.

FIGURA 10 - Localização da escola estudada.



Fonte: GOOGLE MAPS, 2020.

As aulas no ensino fundamental dessa rede escolar são planejadas de acordo com os princípios, fundamentos e pressupostos do Referencial Curricular disponível na BNCC, também com base no material didático SOMOS Educação que engloba as atuais tendências educativas, proporcionando desenvolvimento de habilidades e competências exigidas para o sujeito que vive no século XXI.

A organização curricular da instituição está pautada no ensino por disciplina, estimulando a participação dos estudantes por meio de diálogos constantes entre o

que eles sabem e o que será ensinado, com o objetivo de tornar a aprendizagem significativa.

A avaliação destina-se, primordialmente, ao monitoramento do processo de ensino e aprendizagem e tem por objetivo auxiliar as intervenções dos docentes diante das dificuldades apresentadas pelos estudantes.

O público-alvo investigado foi alunos do 5º ano do Ensino Fundamental. Essa instituição apresenta três (3) turmas com um total de setenta estudantes (70). Segundo Piaget, a faixa etária encontrada nesse ano do Ensino Fundamental se encontra na fase operacional concreta, que vai dos 7 aos 12 anos, caracterizada pela construção de uma lógica de classes e de relacionamentos, mas que não esteja ligada a dados perceptivos.

Os professores regentes dessas turmas, assim como a educadora de necessidades especiais, são docentes formados em Pedagogia, portanto, não são especialistas em Química. Eles compuseram o Grupo de Trabalho Operativo que desenvolveu e validou as Atividades Experimentais Problematizadas (AEP) e corrigiu manualmente as respostas do questionário *Google Forms*, configurando essa etapa como a Revisão por Pares.

3.1.2 Construção da Atividade Experimental Problematizada (AEP) através do livro paradidático

O maior estudo sobre educação do mundo, o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (Pisa), apontou que o Brasil tem baixa proficiência em leitura, matemática e ciências, se comparado com outros 78 países que participaram da avaliação. De acordo com o site do INEP, na edição de 2018, o país também fica em último lugar. Esse cenário abrange, por exemplo, situações de incapacidade na compreensão de textos e na resolução de questões científicas simples e rotineiras.

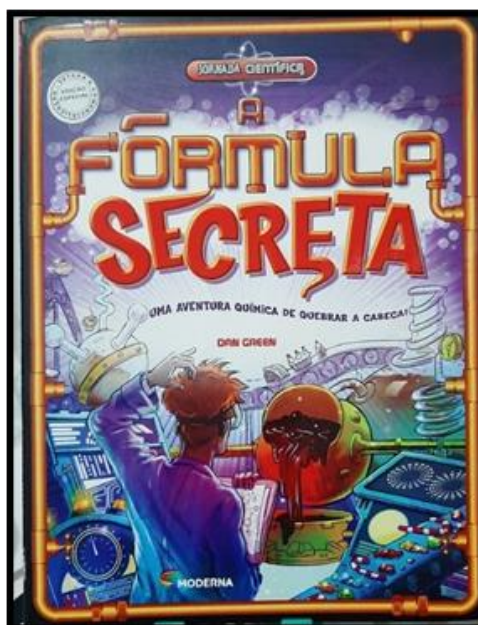
Para transmitir o conhecimento de forma interativa, melhorar o processo de ensino-aprendizagem e incentivar a leitura científica, a proposta foi trazer o uso de um livro paradidático que envolvesse os conceitos de Ciências da Natureza para promover a

divulgação científica como uma forma de quebrar as rígidas estruturas de aprendizado que se impõem às disciplinas de Química, Física e Biologia.

A partir de obras de ficção, de aventuras, de suspense e de investigação focada no aprendizado de forma lúdica, foi proposto uma nova forma de abordagem e entendimento das peculiaridades das áreas das ciências exatas.

O livro adotado para o 5º ano foi ***A fórmula secreta: uma aventura química de quebrar a cabeça***. Dan Green. Editora: Moderna. Esse livro aborda uma leitura no estilo de ordem temporal aleatória, em que os alunos necessitam fazer pequenas atividades/experimentos problematizados para chegar à conclusão da história. As Figuras 11, 12 e 13 mostram como o livro é ilustrativo e com um formato diferenciado para manter a atenção do leitor.

FIGURA 11 - Capa do livro paradidático.



Fonte: GREEN, 2015.

A Figura 11 representa a capa do livro paradidático com ilustração colorida e de alto relevo para atrair a percepção dos sentidos do público-alvo.

FIGURA 12 - Página introdutória do livro paradidático.



Fonte: GREEN, 2015.

A Figura 12 traz as instruções para compreender a história do livro. Observa-se que a cada parte do livro apresenta uma pergunta, que foi transformada em problema-proposto na Atividade Experimental Problematizada (AEP), e para cada sugestão de resposta há um símbolo com uma página indicada. Se o leitor fizer a escolha errada, o texto explicará o porquê do erro e lhe dará uma chance para retomar o contexto.

Na Atividade Experimental Problematizada (AEP) o aluno desenvolverá estratégias práticas para concluir qual opção da pergunta ele vai seguir.

A Figura 13 ilustra o início da história do paradidático. Nota-se que o leitor é direcionado para a página 21, onde começa o desafio químico das experimentações.

FIGURA 13 - Página inicial da história paradidática.



Fonte: GREEN, 2015.

A construção da Atividade Experimental Problematizada (AEP) por meio do livro Paradidático foi compreender cada situação-problema do qual o leitor passaria dentro da história do livro. E, sobre essa situação, identificar as habilidades descritas na BNCC que se encaixavam para o contexto do livro. Assim que as habilidades foram apresentadas, as aulas experimentais problematizadas foram organizadas seguindo a metodologia descrita por Silva; Moura (2018).

As Atividades Experimentais Problematizadas (AEP) foram executadas em 9 aulas, de 50 minutos, na disciplina curricular de Ciências para os alunos. O professor regente do 5º ano dividiu a turma em duas equipes. Enquanto uma equipe ficava no laboratório de Ciências desenvolvendo as atividades experimentais com a professora Especialista e a professora Regente, a outra metade ficou na biblioteca lendo o livro *A Fórmula Secreta*. Essa dinâmica foi concomitante com a disciplina de Língua Portuguesa, do currículo do 5º ano, sendo, portanto, uma atividade interdisciplinar.

Após passar 50 minutos da aula, as equipes eram trocadas. O grupo de estudantes que estava no laboratório era encaminhado à biblioteca para ler o livro e fazer suas associações com a problemática laboratorial, enquanto a outra metade executava a prática e compreendia então o que foi mostrado no livro. É importante destacar que as equipes intercalavam as semanas em que iniciavam na biblioteca ou no laboratório de aula prática, ou seja, se metade da turma começou a (AEP1) na biblioteca, na (AEP2) ela iniciou no laboratório de Ciências.

O aluno tinha acesso ao livro apenas nessas aulas semanais. No final de cada aula, ele deixava o paradidático no armário do Laboratório de Ciências para fomentar a curiosidade na aula seguinte.

3.1.3 Execução das Atividades Experimentais Problematizadas (AEP)

Na BNCC, competência é definida como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho.

Ao definir essas competências, a BASE reconhece que a “educação deve afirmar valores e estimular ações que contribuam para a transformação da sociedade, tornando-a mais humana, socialmente justa e, também, voltada para a preservação da natureza”, mostrando-se também alinhada à Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) (BRASIL, 2018).

Trata-se, portanto, de adaptar os conteúdos curriculares às habilidades que devem ser desenvolvidas de maneiras diferentes e intercambiáveis para designar algo

comum, ou seja, aquilo que os estudantes devem aprender na Educação Básica, o que inclui tanto os saberes quanto a capacidade de mobilizá-los e aplicá-los.

A elaboração das Atividades Experimentais Problematizas (AEP) dentro das competências e habilidades vigentes na nova BNCC vem para ser mais uma ferramenta para amenizar, ou mesmo sanar, a insegurança dos professores do Ensino Fundamental em aplicar os conceitos químicos científicos.

As Atividades Experimentais Problematizas (AEP) foram elaboradas para atender o livro paradidático “A Fórmula Secreta – Uma aventura química de quebrar a cabeça”. Cada aula apresenta o problema químico proposto; o objetivo experimental; as diretrizes metodológicas; a organização/desenvolvimento; a socialização; a sistematização; o código da BNCC; conteúdos químicos; a competência e a habilidade.

Essas Atividades Experimentais Problematizas (AEP) estão descritas nos resultados. Elas foram agrupadas em três grupos:

- AEP Introdutórias – AEP 1, AEP 2 e AEP 3
- AEP Intermediárias - AEP 4, AEP 5 e AEP 6
- AEP Transição – AEP 7, AEP 8 e AEP 9.

3.1.4 Aplicação das AEP pelo professor especialista e Grupo de Trabalho Operativo no Ensino Fundamental

Durante nove (9) semanas as Atividades Experimentais Problematizas (AEP) foram desenvolvidas no laboratório de Ciências. Junto à sequência didática planejada, o professor regente da turma executou as atividades experimentais problematizadas elencadas no livro paradidático A Fórmula Secreta em conjunto com o/a professor (a) Especialista de Química da instituição.

Os estudantes foram submetidos aos problemas-propostos lidos no livro paradidático e, ao mesmo tempo, desafiados para concluir a experiência e avançar na leitura. Concomitante a essa ação, o Grupo de Trabalho Operativo assimilava como desenvolver as habilidades dos seus estudantes diante à proposta apresentada.

3.1.5 Questionário para os alunos

Ao final das nove aulas experimentais, os alunos foram encaminhados ao laboratório de informática para responder as perguntas discursivas no Google Forms.

O formulário Google apresentava nove perguntas referentes as Atividades Experimentais Problematizas (AEP) executadas. Estão descritas no Anexo 1.

Após o processamento inicial dessas respostas, uma planilha foi gerada e, houve dois tipos de análise qualitativas dos dados sobre a AEP: a análise fina da correção manual pelo Grupo de Trabalho Operativo seguido da análise ANOVA e a análise virtual pelo programa Software pNota.

- 1) O Chocolate da fábrica da Vovó esteve completamente duro! Como você e sua equipe fizeram para aquecê-lo rapidamente sem queimar na panela?
- 2) Os ladrões misturam todo sal da fábrica da vovó na areia da fábrica. Como você fez para separar essa mistura?
- 3) Para ter certeza de que o sal de cozinha foi recuperado e era aquele pó branco, a vovó salpicou uma quantidade no fogo. Por que ela fez isso?
- 4) O chocolate vai derreter! Por que a vovó pegou cobertas e sobrepôs os chocolates?
- 5) Por que existem bexigas de aniversários que flutuam e outros que caem no chão? Qual dos cilindros você escolheu para flutuar sobre a cerca?
- 6) Por que quando estamos com problemas de azia ingerimos “sal de fruta” ou “bicarbonato de sódio” para melhorar nossa barriga?
- 7) Como a água vai parar no lençol freático debaixo do solo?
- 8) Como fazer para tirar a chave do laboratório que está congelada dentro de um bloco de gelo?
- 9) Como fazer para destruir um castelo de areia no menor tempo possível para pegar a fórmula secreta?

3.1.6 Análise qualitativa da AEP através do teste paramétrico ANOVA seguido do teste de Tukey

A planilha com as respostas do Questionário foi gerada e o Grupo Operativo de Trabalho realizou a correção de cada resolução descrita. Em seguida, o grupo classificou os níveis cognitivos alcançados conforme o Quadro 3 (página 41). É importante ressaltar que tanto a correção quanto a classificação foram executados manualmente.

Para o teste estatístico ANOVA três (3) Comparações (C) foram analisadas com as respostas obtidas:

- **CI:** Comparação entre as respostas das perguntas aplicadas as Atividades Experimentais Problematizadas (AEP) que desenvolveram a Habilidade EF05CI01- Evidências das Propriedades Físicas dos Materiais (PFM);
- **CII:** Comparação entre as respostas das perguntas aplicadas as Atividades Experimentais Problematizadas (AEP) que desenvolveram o assunto químico Estado de Agregação e Solubilidade dentro da Habilidade EF05CI01 (PFM);
- **CIII:** Comparação entre as respostas das perguntas aplicadas as Atividades Experimentais Problematizadas (AEP) que desenvolveram Habilidade EF06CI01 – Transformações Químicas (TQ) verificadas a partir do 6º ano.

3.1.7 Análise qualitativa virtual da AEP pelo Software pNota

Para comparar os resultados do Software pNota, que são apresentados na forma de porcentagem, com o Nível Cognitivo analisado, foi necessária uma Equivalência de Conversão conforme o Quadro 4 (página 56).

A seguir será apresentado o capítulo com os resultados e discussão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ELABORAÇÃO DAS AEP

As Atividades Experimentais Problematizadas (AEP) foram elaboradas para inserir Química no ensino de Ciências por meio do o livro paradidático “A Fórmula Secreta – Uma aventura química de quebrar a cabeça”. Essas atividades (AEP) foram elaboradas para um planejamento de 9 h/a.

Cada aula apresenta o problema químico proposto; o objetivo experimental; as diretrizes metodológicas; a organização/desenvolvimento; a socialização; a sistematização conforme a estrutura teórico metodológica descrita por Silva e Moura (2018). Nessas aulas foram acrescentadas o código da BNCC, conteúdos químicos, a competência e a habilidade para que o professor regente pudesse compreender como montar sua atividade atendendo as demandas exigidas pelo MEC.

O Quadro 5 demonstra o planejamento e o desenvolvimento da primeira Atividade Experimental Problematizada (AEP), chamada aqui de AEP 1. É importante notar que as sequências das páginas do livro já mostram o caminho que o professor deve percorrer para chegar ao objetivo experimental.

QUADRO 5 - Atividade Experimental Problematizada (AEP) - aula 1 - AEP 1

Aula	AULA 1
Páginas do Livro	4 – 21 – 16 - 27
Problema Proposto	O Chocolate da fábrica da Vovó está completamente duro! Como podemos aquecê-lo rapidamente sem queimar na panela?
Objetivo Experimental	Compreender passagens de estado físico considerando as superfícies de contato.
Diretrizes Metodológicas	<ul style="list-style-type: none"> - Deixar na bancada os materiais usados para executar o banho-maria; - Comparar o banho-maria realizado em casa e no laboratório; - Colocar em um recipiente o chocolate inteiro. Cronometrar o tempo e mensurar a temperatura de fusão; - Colocar em um recipiente o chocolate em pedaços. Cronometrar o tempo e mensurar a temperatura de fusão; - Comparar o tempo de derretimento do chocolate em pedaços e da barra inteira; - Anotar a temperatura de fusão em ambos os processos.
Organização/ desenvolvimento	<ul style="list-style-type: none"> - Discussão prévia sobre o problema proposto – 3 min. - Execução da atividade experimental – 20 min. - Anotações no diário de bordo – 10 min.
Socialização	- Demonstração dos resultados entre os grupos – 5 min.
Sistematização	Anotar outros tipos de exemplos de fusão no cotidiano. 10 min.
Código BNCC	EF05CI01
Conteúdos Químicos	Matéria e energia
Competência + Habilidade	Explorar fenômenos da vida cotidiana que evidenciem propriedades físicas dos materiais – como densidade, condutibilidade térmica e elétrica, respostas a forças magnéticas, solubilidade, respostas a forças mecânicas (dureza, elasticidade etc.), entre outras.

Fonte: A autora, 2020.

A figura 14 ilustra a página 21 na qual o aluno terá sua situação-problema a ser resolvida, ou seja, o Problema Proposto no planejamento da AEP 1.

FIGURA 14 - Página que contém o problema proposto da AEP 1.



Fonte: GREEN. 2015, p.21.

O quadro 6 aduz o planejamento e o desenvolvimento da segunda Atividade Experimental Problematizada (AEP), chamada aqui de AEP 2. No início dessa aula é primordial que o aluno leia as páginas da AEP 1 para que seja revista a socialização do assunto e, também, para que haja recordação da história paradidática, dando assim sequência ao raciocínio científico esperado no livro.

QUADRO 6 - Atividade Experimental Problematizada (AEP) - aula 2 - AEP 2

Aula	AULA 1
Páginas do Livro	4 – 21 – 16 - 27
Problema Proposto	O Chocolate da fábrica da Vovó está completamente duro! Como podemos aquecê-lo rapidamente sem queimar na panela?
Objetivo Experimental	Compreender passagens de estado físico considerando a superfícies de contato.
Diretrizes Metodológicas	<ul style="list-style-type: none"> - Deixar na bancada os materiais usados para executar o banho-maria; - Comparar o banho-maria realizado em casa e no laboratório; - Colocar em um recipiente o chocolate inteiro. Cronometrar o tempo e mensurar a temperatura de fusão; - Colocar em um recipiente o chocolate em pedaços. Cronometrar o tempo e mensurar a temperatura de fusão; - Comparar o tempo de derretimento do chocolate em pedaços e da barra inteira; - Anotar a temperatura de fusão em ambos os processos.
Organização/ desenvolvimento	<ul style="list-style-type: none"> - Discussão prévia sobre o problema proposto – 3 min. - Execução da atividade experimental – 20 min. - Anotações no diário de bordo – 10 min.
Socialização	- Demonstração dos resultados entre os grupos – 5 min.
Sistematização	Anotar outros tipos de exemplos de fusão no cotidiano. 10 min.
Código BNCC	EF05CI01
Conteúdos Químicos	Matéria e energia
Competência + Habilidade	Explorar fenômenos da vida cotidiana que evidenciem propriedades físicas dos materiais – como densidade, condutibilidade térmica e elétrica, respostas a forças magnéticas, solubilidade, respostas a forças mecânicas (dureza, elasticidade etc.), entre outras.

Fonte: A autora, 2020.

A figura 15 ilustra a página 27 em que o estudante deverá pensar nas estratégias para responder o problema-proposto lançado na aula. Mesmo que a página principal da

AEP 2 seja a primeira a ser lida, é necessária a leitura das próximas páginas para que o aluno desenvolva uma sequência de lógica durante o percurso da história.

FIGURA 15 - Página que contém o problema proposto da AEP 2.



Fonte: GREEN, 2015. p .27

O quadro 7 exhibe o caminho metodológico da terceira Atividade Experimental Problematizada (AEP 3). Seguindo a proposta da interdisciplinaridade, toda leitura das

páginas do livro é realizada na biblioteca e concomitante com a aula de Língua Portuguesa.

QUADRO 7 - Atividade Experimental Problematizada (AEP) - aula 3 - AEP 3

Aula	AULA 3
Páginas do Livro	28- 37 – 9
Problema Proposto	Para ter certeza de que o sal de cozinha foi recuperado e era aquele pó branco, a vovó salpicou uma quantidade no fogo. Por que ela fez isso?
Objetivo Experimental	Reconhecer, pelo Teste da Chama, que cada mineral da tabela periódica apresenta uma coloração quando submetida ao fogo.
Diretrizes Metodológicas	<ul style="list-style-type: none"> - 3 Sólidos de características físicas semelhantes estão na bancada: o sódio, o cálcio e o cobre. - Submeter ao fogo pequenas quantidades desses sais para verificar a coloração. - Anotar as cores obtidas.
Organização/ desenvolvimento	<ul style="list-style-type: none"> - Discussão prévia sobre o problema proposto – 3 min. - Execução da atividade experimental – 20 min. - Anotações no diário de bordo – 10 min.
Socialização	- Demonstração dos resultados entre os grupos – 5 min.
Sistematização	Descrever hipóteses de como são feitos os fogos de artifícios – 10 min.
Código BNCC	EF05CI01, EF06CI01
Conteúdos Químicos	Matéria e energia
Competência + Habilidade	<p>Explorar fenômenos da vida cotidiana que evidenciem propriedades físicas dos materiais – como densidade, condutibilidade térmica e elétrica, respostas a forças magnéticas, solubilidade, respostas a forças mecânicas (dureza, elasticidade etc.), entre outras.</p> <p>Classificar como homogênea ou heterogênea a mistura de dois ou mais materiais (água e sal, água e óleo, água e areia etc.) utilizando conhecimentos prévios e fazendo conexões com novas aprendizagens.</p>

A figura 16 aponta a página do paradidático cujo Problema Proposto está exposto. Um fato a ser levantado é que essas páginas foram lidas apenas na Biblioteca.

FIGURA 16 - Página que contém o problema proposto da AEP 3.



Fonte: GREEN, Dan. A fórmula secreta, 2015. p.37.

O quadro 8 apresenta o planejamento da quarta Atividade Experimental Problematizada (AEP 4). O Problema Proposto dessa AEP 4 permite retomar com especificidade o que foi visto na AEP 1.

QUADRO 8 - Atividade Experimental Problematizada (AEP) - aula 4 - AEP 4.

Aula	AULA 4
Páginas do Livro	9 – 23- 17 - 29
Problema Proposto	O chocolate vai derreter! Por que a vovó pegou cobertas e sobrepôs os chocolates?
Objetivo Experimental	Compreender o que é calor e como ocorre sua transferência pelos materiais.
Diretrizes Metodológicas	<ul style="list-style-type: none"> - Duas pedras de gelo do mesmo tamanho/peso e uma flanela. - Cobrir uma pedra com uma flanela e deixar a outra destampada. - Anotar as evidências. - Discutir os resultados.
Organização/ desenvolvimento	<ul style="list-style-type: none"> - Discussão prévia sobre o problema proposto – 3 min. - Execução da atividade experimental – 20 min. - Anotações no diário de bordo – 10 min.
Socialização	- Demonstração dos resultados entre os grupos – 5 min.
Sistematização	<p>Associar esse experimento à instrução “Por que devemos deixar a porta e janelas fechadas enquanto o ar-condicionado estiver ligado?”</p> <p>Anotar no diário de bordo – 10 min.</p>
Códigos BNCC	EF05CI01; EF05CI02
Conteúdos Químicos	Matéria e energia
Competência + Habilidade	<p>Explorar fenômenos da vida cotidiana que evidenciem propriedades físicas dos materiais – como densidade, condutibilidade térmica e elétrica, respostas a forças magnéticas, solubilidade, respostas a forças mecânicas (dureza, elasticidade etc.), entre outras.</p> <p>Aplicar conhecimentos sobre as mudanças de estado físico da água para explicar o ciclo hidrológico e compreende suas implicações na agricultura, no clima, na geração de energia elétrica, no provimento de água potável e no equilíbrio dos ecossistemas regionais (ou locais) e articular esses novos conhecimentos.</p>

Fonte: A autora, 2020.

A figura 17 é uma montagem com as duas páginas que foram o texto suporte para a elaboração do Problema-proposto na AEP 4.

FIGURA 17 - Montagem das páginas que contém o problema proposto na AEP 4.



Fonte: GREEN, 2015 p.9 e p. 23.

A quinta Atividade Experimental Problematizada (AEP 5) foi elaborada visando as páginas conforme descrito no Quadro 9. O Problema-Proposto foi adaptado para a realidade dos alunos, a fim de que soubessem contextualizar a situação-problema.

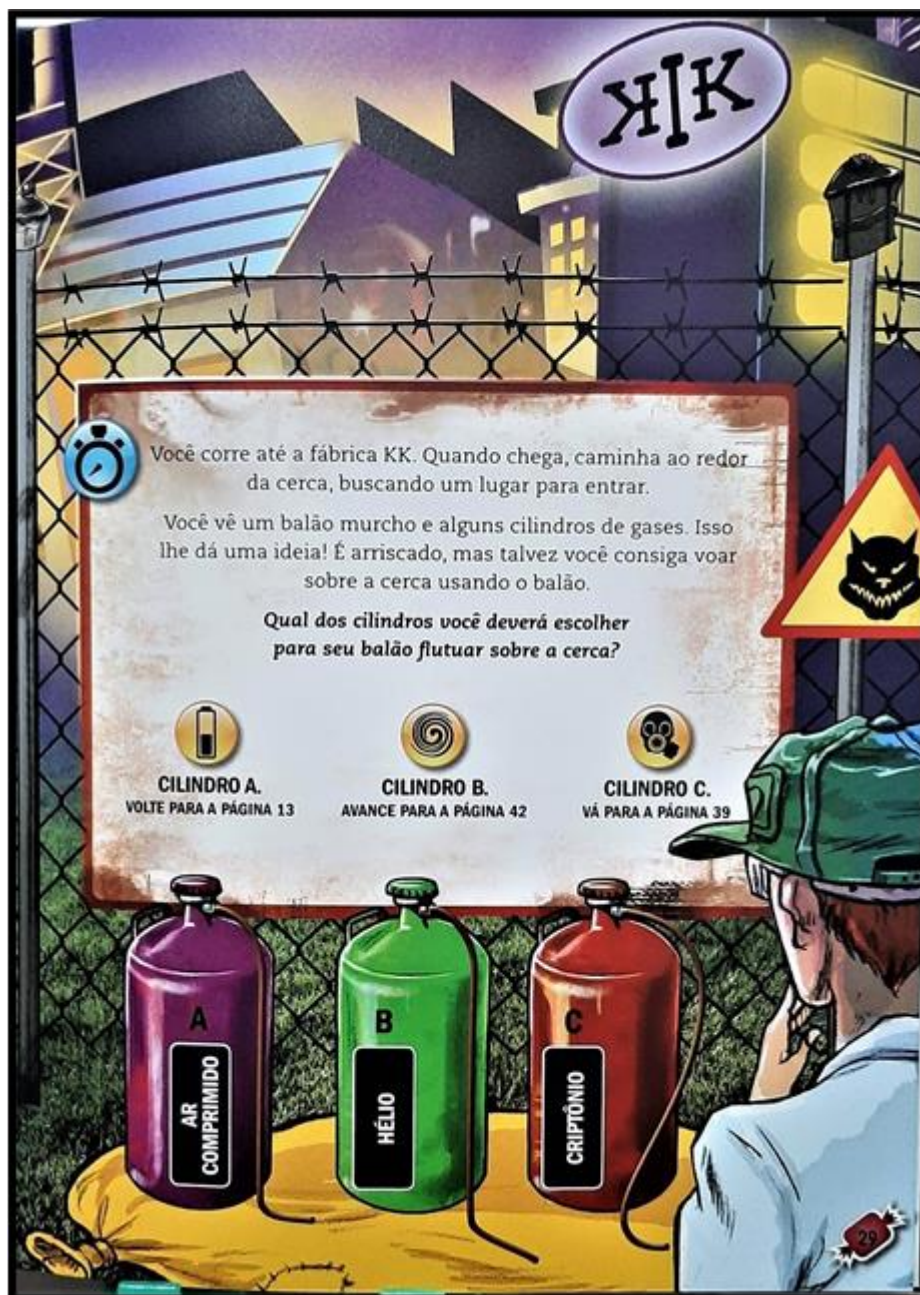
QUADRO 9 - Atividade Experimental Problematizada (AEP) - aula 5 - AEP 5.

Aula	AULA 5
Páginas do Livro	29 – 42 - 21
Problema Proposto	Por que existem bexigas de aniversários que flutuam e outros que caem no chão? Por que escolher o gás hélio para transpassar a cerca elétrica?
Objetivo Experimental	Compreender a densidade dos gases. Comparar que volumes semelhantes de gás carbônico e gás hélio apresentam massas diferentes.
Diretrizes Metodológicas	<ul style="list-style-type: none"> - Encher 1 bexiga de aniversário com gás hélio e de CO₂ com volumes iguais (usar cilindro para mensurar). - Amarrar a bexiga e tentar calcular o peso com a ajuda de uma balança. - Soltar as duas bexigas no laboratório e observar o que acontece.
Organização/ desenvolvimento	<ul style="list-style-type: none"> - Discussão prévia sobre o problema proposto – 3 min. - Execução da atividade experimental – 20 min. - Anotações no diário de bordo – 10 min.
Socialização	- Demonstração dos resultados entre os grupos – 5 min.
Sistematização	Associar o estudo dos gases aos efeitos ambientais. Anotar no diário de bordo – 10 min.
Códigos BNCC	EF05CI01; EF05CI02
Conteúdos Químicos	Matéria e energia
Competência + Habilidade	Explorar fenômenos da vida cotidiana que evidenciem propriedades físicas dos materiais – como densidade, condutibilidade térmica e elétrica, respostas a forças magnéticas, solubilidade, respostas a forças mecânicas (dureza, elasticidade etc.), entre outras. Aplicar conhecimentos sobre as mudanças de estado físico da água para explicar o ciclo hidrológico e compreende suas implicações na agricultura, no clima, na geração de energia elétrica, no provimento de água potável e no equilíbrio dos ecossistemas regionais (ou locais) e articular esses novos conhecimentos.

Fonte: A autora, 2020.

Compreender a densidade da matéria gasosa foi o objetivo experimental da (AEP 5). Esse objetivo foi retirado da página do livro representada pela Figura 18.

FIGURA 18 - Página que contém o problema proposto da AEP 5.



Fonte: GREEN, 2015. p.29

O livro paradidático trouxe o assunto “Ácido e Base”. Para contextualizar o conceito à vida do estudante foi necessário fazer uma adaptação da história do livro. O quadro 10 indica o Problema Proposto da sexta Atividade Experimental Problematizada (AEP 6) com essa adaptação descrita no planejamento.

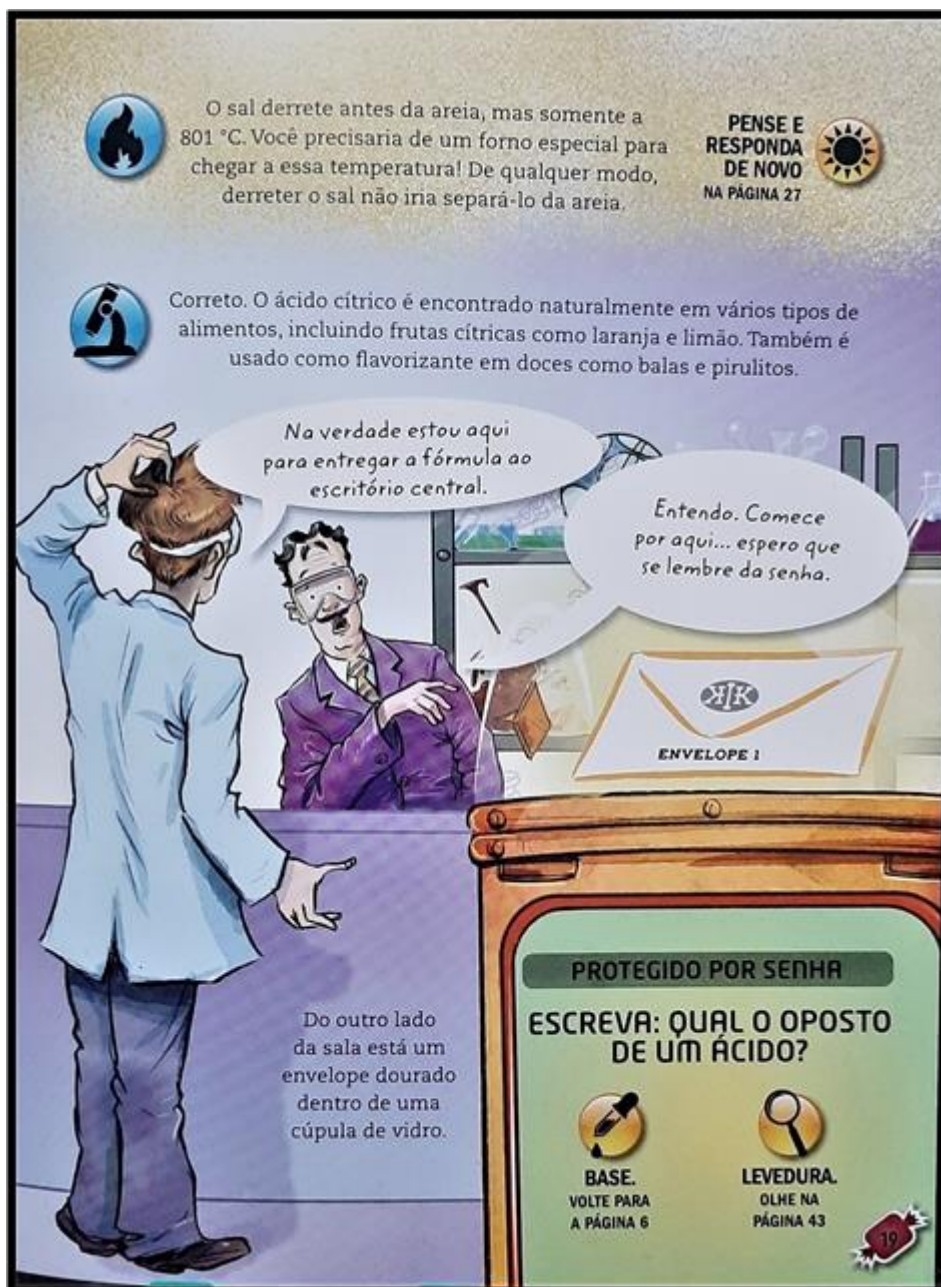
QUADRO 10 - Atividade Experimental Problematizada (AEP) - aula 6 - AEP 6.

Aula	AULA 6
Páginas do Livro	21-40-13-19- 06-12- 22
Problema Proposto	Por que quando estamos com problemas de azia ingerimos “sal de fruta” ou “bicarbonato de sódio” para melhorar nossa barriga?
Objetivo Experimental	Identificar se alguns materiais usados em casa e na escola são ácidos ou bases. Compreender o que são ácidos e bases.
Diretrizes Metodológicas	- Separar tubos de ensaio com produtos comuns encontrados na nossa residência: pasta de dente diluída em água, alvejante, água gaseificada, sabão em pó diluído em água. - Identificar com indicador de repolho roxo quais as soluções ácidas e quais são básicas.
Organização/ desenvolvimento	- Discussão prévia sobre o problema proposto – 3 min. - Execução da atividade experimental – 20 min. - Anotações no diário de bordo – 10 min.
Socialização	- Demonstração dos resultados entre os grupos – 5 min.
Sistematização	Ler e discutir a importância dos rótulos dos produtos como comida, higienização e limpeza. Anotar no diário de bordo – 10 min
Códigos BNCC	EF05CI01; EF06CI02
Conteúdos Químicos	Matéria e Energia
Competência + Habilidade	Explorar fenômenos da vida cotidiana que evidenciem propriedades físicas dos materiais – como densidade, condutibilidade térmica e elétrica, respostas a forças magnéticas, solubilidade, respostas a forças mecânicas (dureza, elasticidade etc.), entre outras. Identificar evidências de transformações químicas a partir do resultado de misturas de materiais que originam produtos diferentes dos que foram misturados (mistura de ingredientes para fazer um bolo, mistura de vinagre com bicarbonato de sódio etc.) integrando diversas técnicas e métodos necessários para organizar os conhecimentos.

Fonte: A autora, 2020.

A figura 19 mostra como o assunto Ácido e Base foi abordado na história. Logo, a adaptação descrita no quadro 10 foi importante para a continuação da leitura.

FIGURA 19 - Página que contém o problema proposto da AEP 6.



Fonte: GREEN, 2015. p.19.

O quadro 11 envolve o planejamento da Atividade Experimental Problematizada (AEP 7). Nessa aula a leitura de mais páginas foi ampliada para que houvesse contexto do Problema Proposto abordado.

QUADRO 11 - Atividade Experimental Problematizada (AEP) - aula 7 - AEP 7.

Aula	AULA 7
Páginas do Livro	22 – 08- 18- 5-11-39-31- 14
Problema Proposto	Como a água vai parar no lençol freático debaixo do solo?
Objetivo Experimental	- Compreender o ciclo da água . - Analisar as características rochosas.
Diretrizes Metodológicas	- Caracterizar três tipos de rochas: brita, pedra pomes, arenito. - Jogar água sobre as três pedras e analisar o que acontece. - Usar um balão de fundo chato, vedado com água, e promover o balão ao aquecimento até o início da evaporação. Em seguida, dar o choque térmico para observar as passagens do estado físico da água.
Organização/ desenvolvimento	- Discussão prévia sobre o problema proposto – 3 min. - Execução da atividade experimental – 20 min. - Anotações no diário de bordo – 10 min.
Socialização	- Demonstração dos resultados entre os grupos – 5 min.
Sistematização	Discutir por que ocorrem alagamentos em alguns locais quando chove muito. Anotar no diário de bordo – 10 min.
Códigos BNCC	EF05CI01, EF05CI02
Conteúdos Químicos	Matéria e Energia
Competência + Habilidade	Explorar fenômenos da vida cotidiana que evidenciem propriedades físicas dos materiais – como densidade, condutibilidade térmica e elétrica, respostas a forças magnéticas, solubilidade, respostas a forças mecânicas (dureza, elasticidade etc.), entre outras. Aplicar conhecimentos sobre as mudanças de estado físico da água para explicar o ciclo hidrológico e compreende suas implicações na agricultura, no clima, na geração de energia elétrica, no provimento de água potável e no equilíbrio dos ecossistemas regionais (ou locais) e articular esses novos conhecimentos.

Fonte: A autora, 2020.

A montagem das páginas que foram o suporte para a elaboração da (AEP 7) está representada na figura 20.

FIGURA 20 - Montagem das páginas com o problema proposto da AEP 7.



Fonte: GREEN, 2015.p 11 e p.39.

A oitava Atividade Experimental Problematizada (AEP 8) foi organizada conforme o Quadro 12. Por meio do Problema Proposto, também adaptado da história do livro paradidático, a professora congelou uma chave dentro de um bloco de gelo e fez um desafio às equipes que desenvolviam a aula prática.

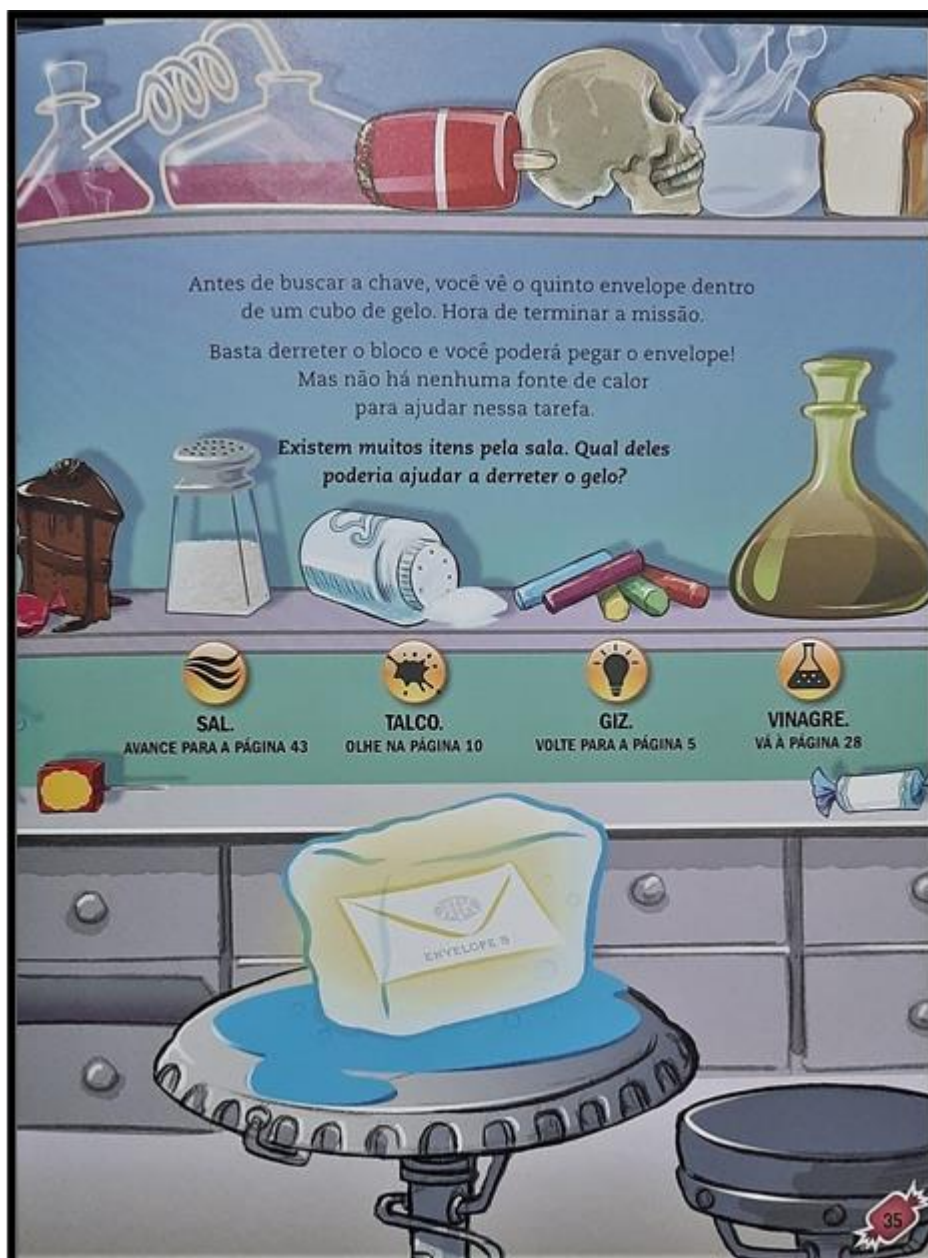
QUADRO 12 - Atividade Experimental Problematizada (AEP) - aula 8 - AEP 8.

Aula	AULA 8
Páginas do Livro	14-26-33-20- 34-35
Problema Proposto	Como fazer para tirar a chave do laboratório que está congelada dentro de um bloco de gelo? (A equipe que tirar a chave primeiro ganha um prêmio)
Objetivo Experimental	Compreender o processo de crioscopia Diferenciar a mudança da temperatura quando é adicionado um soluto sobre o gelo.
Diretrizes Metodológicas	- Disponibilizar uma chave de brinquedo congelada dentro de uma pedra de gelo. - Oferecer sal grosso, sal fino e talco para a tentativa de fusão. Medir a temperatura antes e depois de colocar cada um do soluto.
Organização/ desenvolvimento	- Discussão prévia sobre o problema proposto – 3 min. - Execução da atividade experimental – 20 min. - Anotações no diário de bordo – 10 min.
Socialização	- Demonstração dos resultados entre os grupos – 5 min.
Sistematização	Associar esse efeito a países que apresentam neve, discutindo porque eles jogam o sal na neve ou antes de nevar. Anotar no diário de bordo – 10 min.
Código BNCC	EF05CI01
Conteúdos Químicos	Matéria e Energia
Competência + Habilidade	Explorar fenômenos da vida cotidiana que evidenciem propriedades físicas dos materiais – como densidade, condutibilidade térmica e elétrica, respostas a forças magnéticas, solubilidade, respostas a forças mecânicas (dureza, elasticidade etc.), entre outras.

Fonte: A autora, 2020.

A figura 21 demonstra a página e a parte da história em que foi organizado o desafio para os estudantes.

FIGURA 21 - Página que contém o problema proposto da AEP 8.



Fonte: GREEN, 2015. p.35.

Finalizando a aplicação da Atividade Experimental Problematizada (AEP), o Quadro 13 menciona o Problema Proposto da AEP 9.

QUADRO 13 - Atividade Experimental Problematizada (AEP) - aula 9 - AEP 9.

Aula	AULA 9
Páginas do Livro	43- 32-24
Problema Proposto	Como fazer para destruir um castelo de areia no menor tempo possível para pegar a fórmula secreta?
Objetivo Experimental	Compreender que os materiais apresentam forças que agregam sua estrutura.
Diretrizes Metodológicas	- Esconder uma chave no monte de areia. - Materiais como água, pá e peneira para separar a areia.
Organização/ desenvolvimento	- Discussão prévia sobre o problema proposto – 3 min. - Execução da atividade experimental – 20 min. - Anotações no diário de bordo – 10 min.
Socialização	- Demonstração dos resultados entre os grupos – 5 min.
Sistematização	Discutir a importância da areia para o processo de filtração e construção. Anotar no diário de bordo – 10 min.
Código BNCC	EF05CI01
Conteúdos Químicos	Matéria e Energia
Competência + Habilidade	Explorar fenômenos da vida cotidiana que evidenciem propriedades físicas dos materiais – como densidade, condutibilidade térmica e elétrica, respostas a forças magnéticas, solubilidade, respostas a forças mecânicas (dureza, elasticidade etc.), entre outras.

Fonte: A autora, 2020.

A figura 22 mostra a página em que há a elucidação do Problema Proposto visto na AEP 9.

FIGURA 22 - Página que contém o problema proposto da AEP 9.

Correto. O sal altera o ponto de fusão (derretimento) do gelo. Isso faz com que ele derreta mais facilmente, transformando-se rapidamente em água.

O bloco de gelo derrete e você pega o último envelope. Agora é a hora de encontrar a chave! Você se aproxima do castelo de areia. A chave deve estar em algum lugar dentro dele.

A chave está escondida dentro deste bloco de areia na forma de castelo. Você tem apenas cinco segundos para encontrá-la, ou a sala ficará trancada para sempre!

Procurar na areia demora demais!
Como fazer toda essa areia desaparecer rapidamente?

DERRETENDO A AREIA.
VÁ À PÁGINA 30

DESAGREGANDO A AREIA.
OLHE NA PÁGINA 32

DISSOLVENDO A AREIA.
VÁ PARA A PÁGINA 38

Não, uma garrafa térmica mantém líquidos quentes aquecidos e líquidos frios, resfriados.

OLHE NA PÁGINA 16 E TENTE NOVAMENTE

Não, levedura não é o oposto de ácido. Leveduras são pequenos fungos usados para fermentar pães.

TENTE OUTRA VEZ NA PÁGINA 19

Fonte: GREEN, 2015. p.43.

Mesmo sendo a última aula referente ao livro paradidático, os estudantes leram todas as páginas até aqui desenvolvidas e relembrou das sistematizações de cada situação-problema. Assim ocorreu um resgate dos conceitos químicos estudados.

4.2 ANÁLISE QUANTITATIVA DOS RESULTADOS QUANTO A APLICAÇÃO DA AEP ATRAVÉS DO FORMULÁRIO APLICADO

Como já informado anteriormente, foram utilizados métodos de coleta e análise de dados quantitativos nesta pesquisa (Figura 7). Para comparar os resultados, foram feitas as análises de forma manual pelo Grupo Operativo de Trabalho seguido da análise estatística ANOVA e uma virtual pelo Software pNota. A amostra teve resposta de 70 alunos divididos em 3 turmas diferentes.

4.2.1 Análise qualitativa dos dados sobre a AEP

Após a correção Grupo Operativo de Trabalho juntamente com a professora especialista de Química, os resultados da classificação por níveis foram submetidos a estatística usando ANOVA, seguida do teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o software GraphPadPrism (GraphPad Software, San Diego, CA) com nível de significância de $p \leq 0,05$.

O teste de Tukey (PEREIRA, 2016) consiste em comparar todos os possíveis pares de médias e se baseia na diferença mínima significativa. É o método de comparações múltiplas sem um grupo controle. Para isso, O tratamento estatístico é apresentado, para melhor visualização do leitor, em combinações de letras onde:

- Letras iguais – são dados que não apresentaram diferença significativa com base no cálculo de intervalo do desvio padrão dos dados apresentados;
- Letras diferentes – são dados que apresentaram diferença significativa em relação à diferença no intervalo do cálculo do desvio padrão dos dados apresentados.

As coordenadas dos gráficos gerados que são apresentados no eixo Y se refere ao resultado estatístico do Parâmetro Classificatório das Habilidades Cognitivas (Quadro 3), enquanto o eixo X trata da aula AEP em que determinada Habilidade foi desenvolvida.

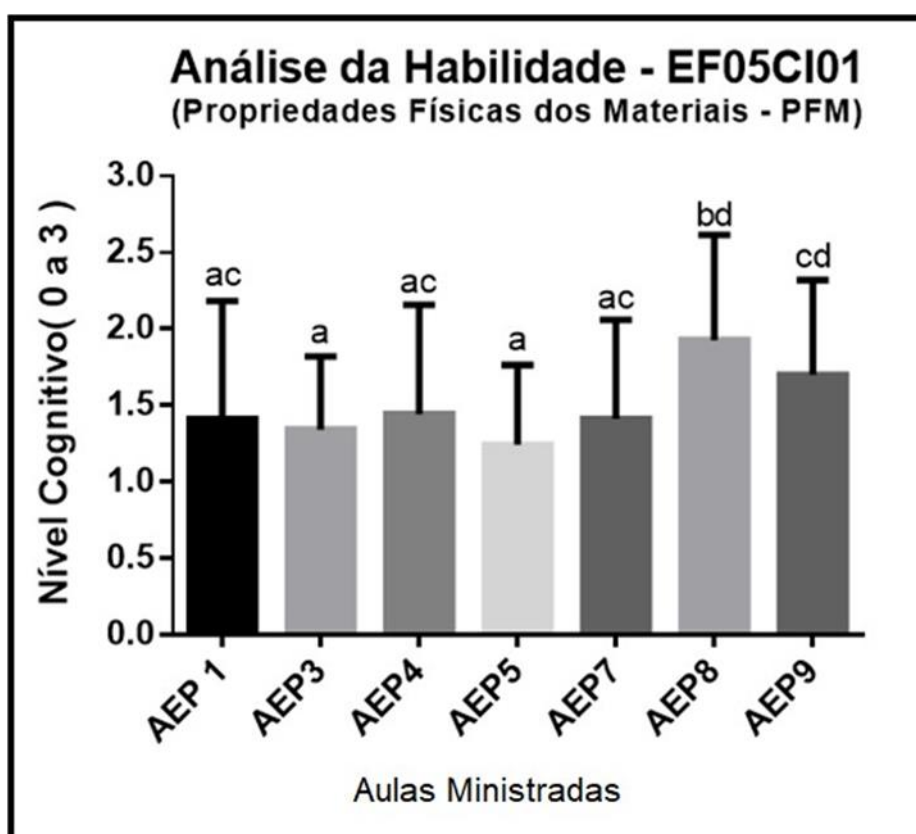
Conforme mencionado anteriormente (3.1.6), as análises qualitativas dos dados sobre a AEP estão divididas em três Comparações (C), em que as respostas dadas pelos

alunos às perguntas relacionadas a Atividade Experimental Problematizada e a Habilidade específica são avaliadas quanto aos Níveis de Cognição alcançados.

4.2.1.1 Comparação CI

De acordo com a Análise da Habilidade referente ao código EF05CI01, enfatizando as Propriedades Físicas dos Materiais – PFM, na Figura 23 é possível verificar que dentre as aulas ministradas o Nível Cognitivo alcançado entre os alunos sofreu diferença significativa.

FIGURA 23 - Análise da habilidade - EF05CI01 (Propriedades Físicas dos Materiais).



Fonte: a autora, 2020. ANOVA, seguida do teste de Tukey. $p \leq 0,05$.

A partir do teste de Tukey, verifica-se que os dados que não apresentam diferença significativa são representados por letras iguais que se repetem. Observa-se que das aplicações das Atividades Experimentais Problematizadas desenvolvidas com a

Habilidade Proposta da BNCC, EF05CI01, sobre as Propriedades Físicas dos Materiais, nas AEP 1, AEP 3, AEP 4, AEP 5 e AEP 7 repetiu-se a letra “a” sobre o desvio-padrão, logo não apresentaram diferença significativa nas respostas dadas pelos alunos no Questionário Google. Nessas aplicações foram alcançados os Níveis Cognitivos 1 e 2, significando que os alunos responderam às perguntas utilizando apenas a palavra-chave na resolução da situação-problema de cada AEP, ou desenvolveram uma resposta de forma incompleta.

Ao comparar as aplicações que envolvem as (AEP 1), (AEP 4), (AEP 7) e (AEP 9) constata-se que também não houve diferença significativa, pois há repetição das letras “c” sobre o desvio-padrão, ainda que a (AEP 9) apresentasse um Nível Cognitivo superior às demais aulas. Esse fato se explica porque os alunos conseguiram formular frases com maior número de palavras e atribuindo mais sentido ao utilizar as palavras-chave. Quanto à comparação entre as (AEP 8) e (AEP 9), também não apresentaram diferença significativa entre ambas, porque se repete a letra “d”.

Entre as aplicações apresentadas, constata-se que (AEP 8) apresenta maior diferença significativa no desvio-padrão, representado pela letra “b”. Isso significa que os alunos alcançaram os Níveis Cognitivos 2 e 3 pelas respostas dadas no Questionário de avaliação de aprendizagem. A ação diferenciada da (AEP 8), que ocorreu a partir do seu objetivo experimental (Quadro 12), pode explicar o melhor desempenho dos Níveis Cognitivos alcançados ao resolver a situação-problema acompanhada por um desafio para os estudantes, como foi observado na história do livro paradidático (Figura 21).

Dessa maneira esse resultado reforça a ideia proposta pela Atividade Experimental Problematizada (AEP) de tornar o estudante mais autônomo e protagonista das etapas dos experimentos. À medida que as AEP iam sendo ministradas, o aluno foi estabelecendo conexões próprias, compreendendo melhor a metodologia e assim, aumentando o número de palavras escritas em suas respostas, levando a uma maior segurança ao escrever um fenômeno.

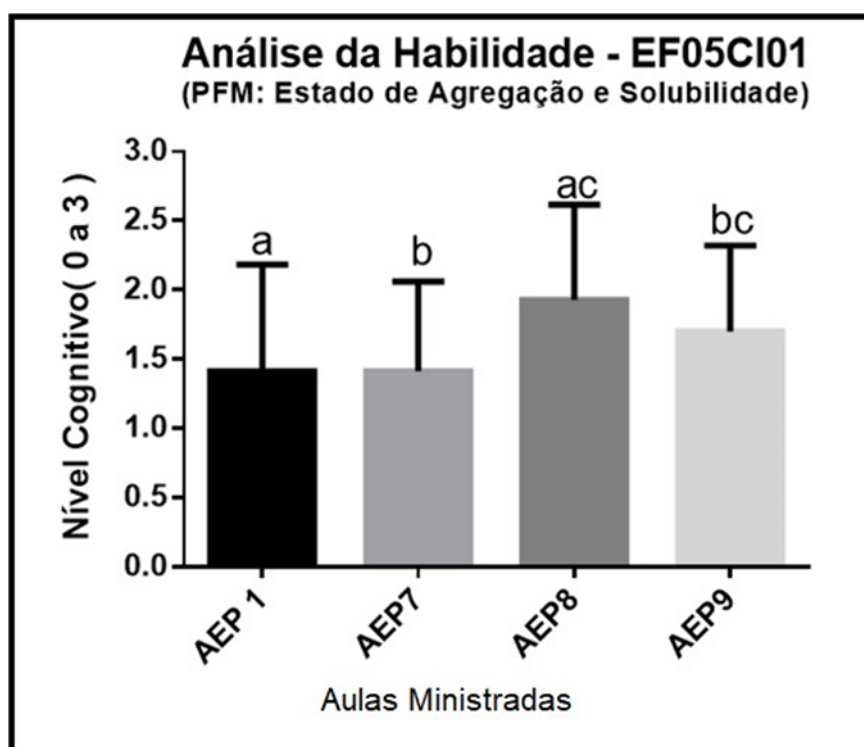
Um resultado semelhante pode ser observado quando abordamos o assunto “Estado de Agregação e Solubilidade” seguido da mesma habilidade EF05CI01, ou seja, especificando ainda mais a habilidade EF05CI01, foi feita uma comparação com as

Atividades Experimentais Problematizadas (AEP) que abordaram o mesmo assunto (Estado de Agregação e solubilidade) para análise de nível cognitivo.

4.2.1.2 Comparação CII

Nesta parte, mostramos a comparação entre as respostas das perguntas aplicadas as atividades Experimentais Problematizadas (AEP) que desenvolveram o assunto químico Estado de Agregação e Solubilidade dentro da Habilidade EF05CI01, (PFM), assim, a figura 24 representa a importância do ensino de forma gradual e constante da aula experimental problematizada.

FIGURA 24 - Análise da habilidade - EF05CI01 (PFM: Estado de agregação e solubilidade).



Fonte: a autora, 2020. ANOVA, seguida do teste de Tukey. $p \leq 0,05$.

Nessa figura, são apresentados os dados referentes às três letras diferentes sobre os desvio-padrão de cada aula ministrada. A partir das letras repetidas observa-se que não apresentaram diferença significativa as seguintes comparações: AEP 1 e AEP 8; AEP 7 e AEP 9; AEP 8 e AEP 9.

Apesar de não haver diferença significativa entre as AEP 1 e AEP 8, nota-se que nessa última Atividade Experimental Problematizada foi alcançado o Nível Cognitivo maior. Esse resultado é explicado porque em ambas as aulas o assunto específico aplicado no experimento abordou o “ponto de fusão da matéria e a sua solubilidade em água”. Um resultado semelhante é visto ao comparar as AEP 7 e AEP 9 que trataram do “estado de agregação da areia e sua solubilidade em água”. Embora não haja uma diferença significativa, a AEP 9 alcançou maior Nível Cognitivo do que a AEP 7.

As AEP 8 e AEP 9 alcançaram maiores Níveis Cognitivos quando comparadas às demais aulas ministradas, porém, comparadas entre si, o resultado estatístico não mostrou diferença significativa, pois ocorreu a repetição da letra “c” referente ao desvio-padrão.

Na perspectiva da Atividade Experimental Problematizada, a situação-problema desperta no aluno a motivação, o interesse, o desafio intelectual e a capacidade de discussão e de articulação de ideias, promovendo sua autoconfiança necessária para explicar os fenômenos observados. Isso pode ser visto nos dados alcançados pelos Níveis Cognitivos mais elevados das AEP 8 quando comparado a AEP 1 e da AEP 9 quando comparado a AEP 7.

Conforme apresentado no Quadro 3, os termos significativos referentes aos conhecimentos adquiridos previamente (subsunçores) são reconhecidos com maior facilidade pelos estudantes quando o assunto explorado vem em forma de atividade-desafio. A resolução dos novos problemas propostos na AEP 8 e na AEP 9, sendo elucidados com maior facilidade pelos alunos, se explica porque anteriormente os mesmos alcançaram maior compreensão em comparação às atividades anteriores.

De acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (pelizzari *et al.*, 2002), verificou por meio de um subsunçor, um conceito e/ou uma ideia já existente na estrutura cognitiva do estudante, que serviu de ancoradouro para uma nova informação, de modo que este adquiriu um novo significado para ele.

A partir desse parágrafo será analisado a parte significativa da figura 25 Em conformidade com o Teste de Tukey, letras diferentes apresentam diferença

significativa nos dados. Logo, houve diferença significativa entre os seguintes pares de comparações: AEP 1 e AEP 7; AEP 7 e AEP 8; AEP 1 e AEP 9. Isso reflete que a ação da aprendizagem por percepção, por tentativa e por descoberta mobilizou de modo distinto o Nível Cognitivo dos alunos, uma vez que a intervenção do professor foi menor a cada aula, à medida que melhorava a possibilidade reflexiva autônoma dos estudantes (SILVA; MOURA, 2018).

O conhecimento compreendido pelos alunos, e gradativamente alcançado, foi a capacidade de compreender que eles podem tentar, errar, acertar, perguntar e perceber que o professor é um agente facilitador na sua aprendizagem, e que eles podem assumir, gradativamente, serem os protagonistas da ação. Talvez por se tratar de um problema real da imaginação do estudante em conjunto com a história lúdica do livro paradidático, a proposta promoveu o interesse acentuado do aluno à medida que as aulas iam sendo realizadas.

Isto corrobora o que Moreira (2012) descreveu ao dizer que à medida que o conhecimento prévio serve de base para a atribuição de significados à nova informação, ele também se modifica, ou seja, os subsunçores vão adquirindo novos significados, se tornando mais diferenciados, mais estáveis. Novos subsunçores vão interagindo entre si, reestruturando a aprendizagem significativa.

É válido ressaltar que o ambiente educacional dos dias atuais valoriza a contínua mudança da aprendizagem significativa atrelada a uma metodologia mais participativa onde a análise do conhecimento é formada como a prática da vivência. A atuação ativa do aluno no confronto com o objeto do conhecimento sem temer o erro, o faz refletir sobre o percurso de uma elaboração de resposta em que o erro faz parte do processo ensino-aprendizagem, assumindo o caráter mediador.

Assim, segundo Gaspar e Levandosvski (2005), tanto o aluno como o professor podem rever sua trajetória para compreender e agir sobre o conhecimento e a avaliação não se reduz a apenas atribuir notas.

A participação ativa no objeto do conhecimento, a valorização do erro/acerto e a linguagem escrita como forma de expressar o que foi aprendido em um fenômeno de aula experimental auxiliam o processo de ensino-aprendizagem na transição do

Ensino das Ciências Químicas do Fundamental das séries iniciais para as séries finais, uma vez que é uma fase estudantil que envolve mudanças tanto na estrutura curricular quanto no perfil de professores e dos próprios alunos.

Para alcançar essa evolução de Nível Cognitivo e consolidar a aprendizagem significativa na transição entre as séries iniciais e finais, é necessário manter o equilíbrio entre a assimilação e a acomodação dos conceitos aprendidos. Isso significa desenvolver as Habilidades mínimas exigidas pela BNCC para atingir uma competência em desempenhar uma tarefa com eficiência. Vislumbrando a ascensão cognitiva atrelada a faixa etária, uma análise das respostas das perguntas que envolviam as Habilidades do 6º ano foi analisada.

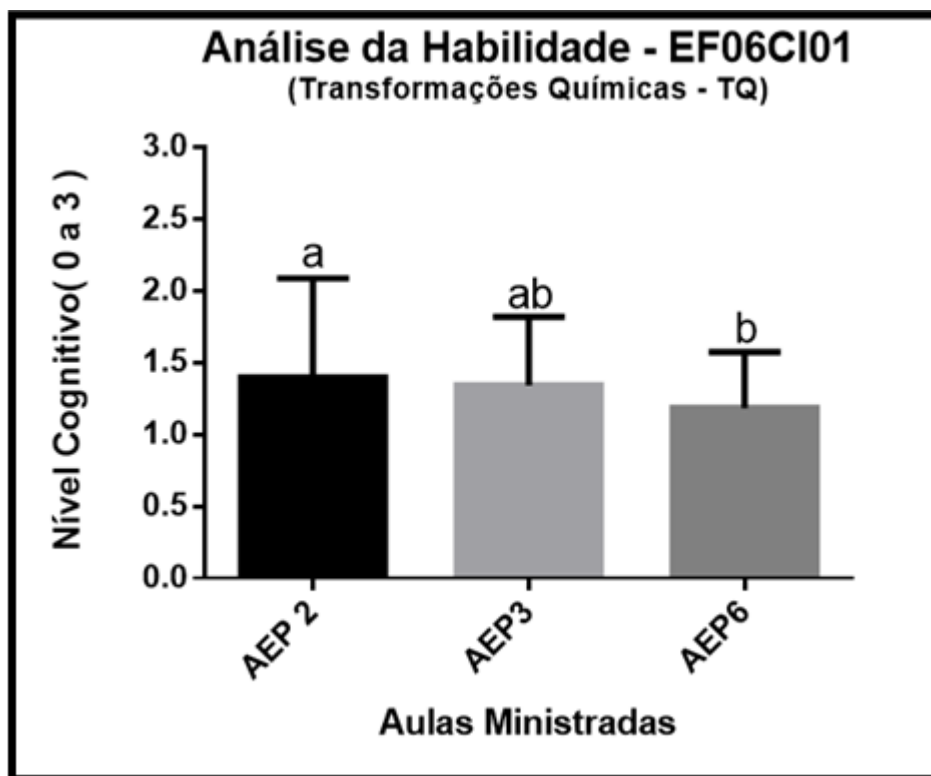
As Atividades Experimentais Problematizadas (AEP) foram criadas dentro de um contexto de história de um paradidático, logo houve a necessidade de serem trabalhadas Habilidades do 6º ano para que os estudantes pudessem optar e compreender o contexto da leitura. Sendo assim, as respostas dessas AEP foram analisadas para que pudessem verificar o Nível Cognitivo que os estudantes se enquadravam, e a partir daí gerar um plano de ação no próximo ciclo estudantil.

4.2.1.3 Comparação CIII

Nessa parte, mostramos a comparação entre as resposta das perguntas aplicadas nas Atividades Experimentais Problematizadas (AEP) que desenvolveram Habilidade EF06CI01-Transformações Químicas(TQ) verificadas a partir do 6º ano. Assim, a figura 25 ilustra a Análise de Habilidade EF06CI01. Nessa análise foram comparadas as três Habilidades do 6º ano necessárias para a assimilação do contexto científico do livro paradidático.

Diante da análise do Teste de Tukey foi possível verificar que os pares AEP 2 e AEP 3; AEP 3 e AEP 6 não apresentaram diferença significativa, já que foram confirmadas letras iguais sobre o desvio-padrão.

FIGURA 25 - Análise da habilidade - EF06CI01 (Transformações Químicas: TQ).



Fonte: a autora, 2020. ANOVA, seguida do teste de Tukey. $p \leq 0,05$.

Das respostas coletadas, o Nível Cognitivo da AEP 2 mostra o maior valor. Porque a Habilidade desenvolvida nessa AEP (Quadro 6) relacionava o objetivo experimental com materiais do cotidiano dos estudantes: areia e sal. O Problema Proposto e as diretrizes metodológicas provocaram nos alunos a curiosidade para testar a separação mais eficaz desses materiais. Por meio da tentativa e do erro eles chegavam à conclusão de seus resultados. Ainda que não soubessem se expressar nas respostas, conseguiram separar os materiais de acordo com a proposta esperada.

A AEP 3, quadro 7, aguçou o interesse dos estudantes devido à presença do fogo no bico de Bunsen. Porém, a dificuldade de descrever o fenômeno foi maior, pois o assunto Teste de Chamas é um conteúdo abstrato para essa faixa etária, logo requer um conhecimento específico sobre átomos.

Conceitos de ácido e base foram trazidos na AEP 6, conforme apresentados no Quadro 10. Apesar da contextualização do Problema-proposto e da participação efetiva dos estudantes, muitos deles não conseguiram organizar frases para responder à pergunta solicitada, apenas repetiam o trecho do livro que dizia “*porque a base é o oposto do ácido*”, não especificando o real propósito da situação-problema.

Uma diferença significativa foi observada entre as AEP 2 e AEP 6. As letras diferentes sobre o desvio-padrão dessas AEP demonstraram que o Nível Cognitivo foi diminuindo com as aulas ministradas, mesmo confrontando assuntos do cotidiano do estudante. A disparidade entre ambas pode ser explicada pela dificuldade dos termos científicos usados no livro paradidático.

Na AEP 2 o objetivo proposto estava voltado para separação de misturas, algo mais comum à realidade do aluno, enquanto o objetivo da AEP 6 necessitava a compreensão dos termos ácido e base, assunto que necessita de conhecimentos e nomes específicos para discussão do experimento, influenciando assim a percepção do Nível do Cognitivo do aluno. Os termos de transformações químicas (reações, reagentes, precipitados etc...) presentes na aula AEP 6 são apenas apresentados para turmas a partir do 6^o ano, uma vez que a idade do aluno permite maiores abstrações sobre o conteúdo programático.

Por apresentar uma capacidade de abstração e autonomia de pensamento maior que a exigida para sua faixa etária, foi observado que os estudantes não passaram do Nível Cognitivo 1, insuficiente na categorização. Isso corrobora com o Ausubel, uma vez que, para temas de maior complexidade ou em situações de aparente ausência de subsunçores, é necessária uma proposta de utilização de materiais introdutórios potencialmente significativos aos objetos de conhecimento, definindo-os como organizadores prévios (SILVA; MOURA, 2018).

Silva; Moradillo (2002) descreveram que se o desenvolvimento cognitivo seguir uma estrutura hierárquica, os estudantes são capacitados para aplicar e transferir, de forma multidisciplinar, um conhecimento adquirido. Entretanto, para que isso aconteça na Atividade Experimental Problematizada é fundamental que o professor consiga integrar a organização dos conteúdos curriculares de Química junto com os

subsunções para aprendizagem significativa que consigam elevar o Nível Cognitivo do estudante.

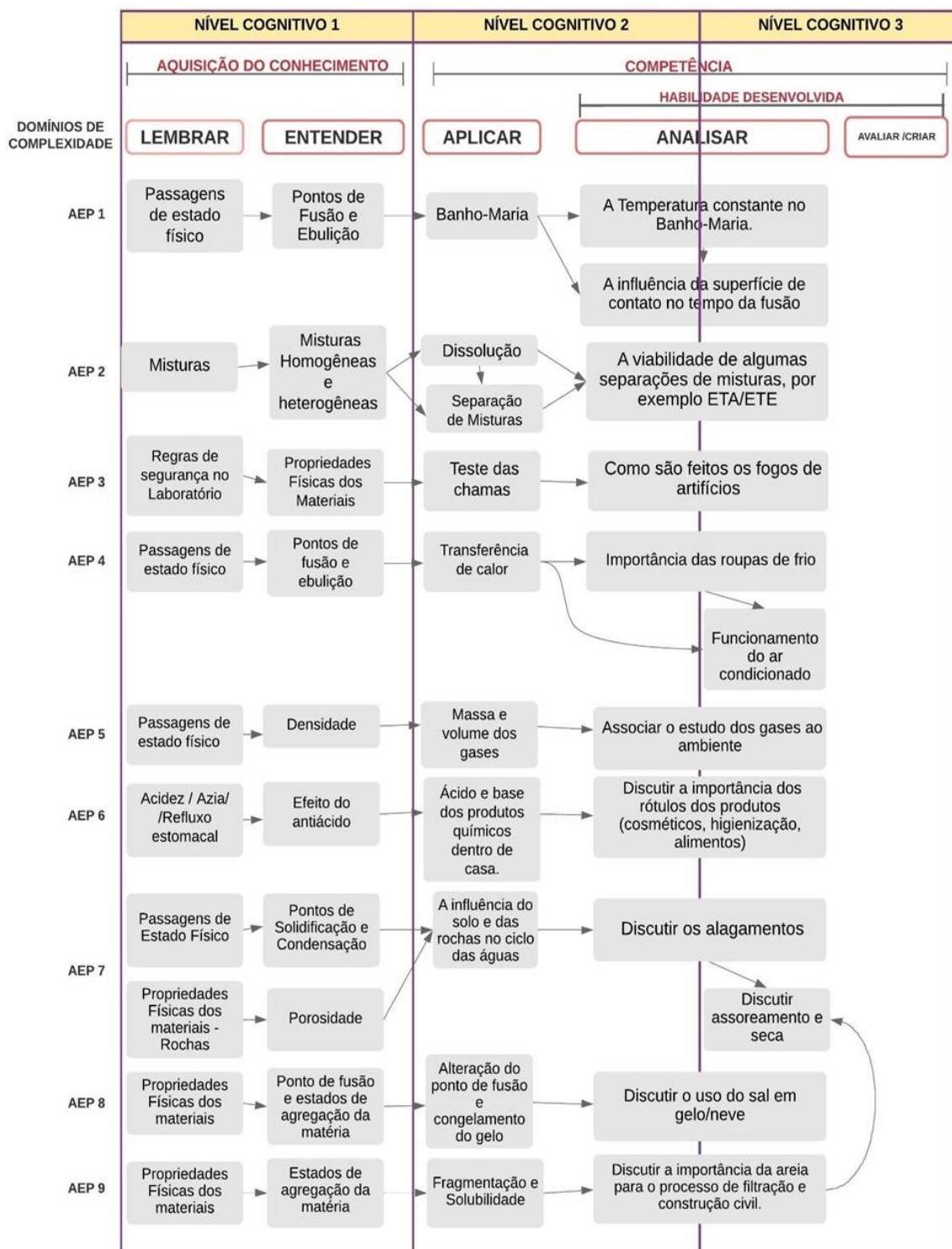
A utilização de instrumentos que facilitem essa atividade é essencial, para esse contexto, pois a Taxonomia Revisada de Bloom colabora significativamente por ser uma forma de classificação de objetivos de aprendizagem de forma hierárquica (do mais simples para o mais complexo).

Os verbos de ação e substantivos utilizados na Taxonomia de Bloom descrevem os processos cognitivos esperados pelo discente, principalmente quando as atividades exigem uma resposta discursiva. Por meio dessas palavras, o professor consegue analisar em qual domínio do complexo cognitivo o estudante se encontra, e se necessário, faz uma intervenção pedagógica.

Sendo assim, um Mapa Cognitivo da Atividade Experimental Problematizada (AEP) foi elaborado para acompanhar a hierarquia do Nível Cognitivo através do Domínio de Complexidade de Bloom Revisado. Ou seja, um Mapa que consegue associar a fase da Atividade Experimental Problematizada e o Nível Cognitivo esperado para aquela etapa.

A Figura 20 traz esse Diagrama com assuntos fundamentais em que o professor consegue identificar se o avanço do Nível Cognitivo está sendo eficiente.

FIGURA 26 - Mapa do nível cognitivo na Atividade Experimental Problematicada (AEP)



Fonte: A autora, 2020.

Os experimentos problematizados utilizam a escrita de um fenômeno para expressar a resolução Do Problema proposto, logo, a viabilidade de mensurar o Nível Cognitivo por meio dos verbos do Domínio de Complexidade de Bloom Revisado é maior.

Por ser um Mapa elaborado para o 5º ano, os domínios de complexidade de Bloom “avaliar e criar” estão em tamanho menor, pois espera-se que a partir do 6º ano o estudante comece a desenvolver essas ações operatórias. De acordo com Piaget (1987), no Estágio Operatório Concreto (7 a 11 anos) o estudante expressa ações cognitivas elaboradas a partir de uma lógica sequencial. Mas ainda precisa da observação de objetos concretos. É marcado por vários fatores: pensamento indutivo, lógico, relacionamento social, o qual tem progresso significativo, pois diminui o egocentrismo e desenvolve da linguagem socializada (MUNARI, 2010).

Segundo Silva e Moura (2017), o ensino de química em ciências na proposta da Atividade Experimental Problematizada é capaz de gerar significados e desenvolver a autonomia do sujeito. Provocar a análise do aluno no sentido de questionar e buscar alternativas de solução de problemas colabora para uma transformação da base educacional mais eficiente e atrativo.

O Mapa de Nível Cognitivo na Atividade Experimental Problematizada (AEP) comprova que pode ser considerada uma avaliação formativa, uma vez que consegue fornecer ao aluno um diagnóstico personalizado para que identifique seu nível cognitivo e corrija suas deficiências.

Para saber se a metodologia aplicada está atingindo de forma eficiente a evolução no processo evolutivo do Nível Cognitivo, a análise computacional pelo Software pNota é uma ferramenta que soma a essa sondagem de verificação.

4.2.2 Análise Computacional pelo software pNota

O software pNota é uma ferramenta computacional para análise de respostas discursivas baseado na clusterização, ou seja, numa abordagem de aprendizagem não- supervisionada, a fim de orientar a busca de padrões entre grupos de respostas (OLIVEIRA, 2010).

Esse software interage com o professor no processo avaliativo das atividades formativas, selecionando determinados padrões de respostas que representam o conteúdo geral. A partir do método de avaliação on-line, espera-se que o professor tenha acesso à totalidade das avaliações em tempo real, a fim de realizar revisões e garantir a prevalência dos parâmetros de avaliação frequentemente adotados pelo docente. Portanto, o professor, mesmo com o apoio da ferramenta computacional, tem o controle do processo formativo dos critérios de avaliação e dos feedbacks fornecidos pelo software pNota para garantir que sejam alcançados os Níveis Cognitivos das habilidades esperadas.

Observando os resultados adquiridos no conjunto de respostas analisadas pelo software pNota, o docente avalia se a aplicação da Atividade Experimental Problematizada (AEP) alcançou os níveis cognitivos esperados (Figura 8). É importante ressaltar que o relatório gerado pelo software em questão traz um parâmetro de desempenho em termos de aprendizagens das turmas analisadas, de forma que o professor estabeleça um plano de ação estratégico para que uma determinada habilidade seja alcançada.

Após a aplicação da AEP, os alunos responderam ao questionário elaborado pelo professor no *Google Formulário*, gerando dados que foram analisados pelo software pNota, em que extraiu todas as palavras digitadas e verificou a frequência dos termos estabelecendo “padrões de respostas”. Esses padrões foram enviados para análise do professor. Após essa confirmação do professor, software pNota corrigiu os 75 a 90% restantes das respostas dos estudantes no formulário.

É imprescindível a organização e o planejamento do professor para que haja um tempo hábil de correção dos possíveis Padrões de respostas e assim mantenha uma fluidez da correção pelo sistema computacional. Quanto mais rápido o docente corrigir o “Padrão de resposta” selecionado pelo software pNota, menor será o tempo para receber o feedback com o resultado do parâmetro da turma. Espera-se que em até 24 horas todo o processo de análise e feedback do pNota seja enviado ao professor, caso ele utilize documentos on-line como *Google Forms*. Ao fazer o uso concomitante com a plataforma Moodle, o tempo de entrega dos resultados pode ser reduzido, recebendo o feedback em até 2 horas.

Com os resultados elaborados pelo software pNota, o educador os valida junto à sua turma, garantindo isonomia do método avaliativo. Após obtidas essa validação, as porcentagens caracterizam se a ferramenta computacional foi regular na avaliação formativa e como foi a variação de acordo com a percepção final do professor. Mesmo que esse Software apresente conclusões sobre dados quantitativos, as perguntas respondidas pelos alunos foram avaliadas de acordo com os seguintes parâmetros qualitativos demonstrados no Quadro 14:

QUADRO 14 - Parâmetros qualitativos das métricas do software pNota.

Código	Métrica	Referência
ACC	Acurácia	Representa a quantidade de respostas que foram avaliadas da mesma maneira pelo pNota e pelo professor.
PRE	Precisão	Indica equivalência entre a análise realizada pelo sistema computacional e as expectativas pedagógicas do professor à atividade proposta; é o balanceamento entre as avaliações corretas e os falsos positivos (questões que o professor considera como “meio certo”). Por exemplo, sobre o questionamento “ <i>daqueles que classifiquei como corretos, quantos efetivamente eram?</i> ” A precisão trata da avaliação entre os acertos, divididos pela soma dos acertos e “meio certo”.
REC	Recuperação	Indica equivalência entre a análise realizada pelo sistema computacional e as expectativas pedagógicas do professor à atividade proposta; é o balanceamento entre as avaliações corretas e os verdadeiros negativos (respostas “erradas”).
F1	Ponderação	Estabelece o impacto no sistema computacional para amostras verdadeiras avaliadas de forma incorreta e amostras falsas que foram avaliadas de forma incoerente. Indica possíveis fugas do modelo, em que há uma média entre PRE e REC. Esse resultado traz o Grau de confiabilidade maior na análise qualitativa.
MAE	Erro Médio Absoluto	Diferencia as médias entre as notas atribuídas pelo sistema em relação ao professor. Quanto menor o valor de MAE significa que há uma maior exatidão das avaliações entre o sistema e o professor, ou seja, é o modelo extraído pelos padrões de respostas e sua coerência com a avaliação.

Fonte: A autora, 2020.

O resultado gerado é um relatório que descreve o processo avaliativo computacional a partir das abordagens qualitativa e quantitativa aplicados às Atividades Experimentais Problematizadas (AEP). Esse relatório descreve a integração conjunta do papel avaliativo docente e da inteligência artificial. Tal integração resulta na seleção das informações mais relevantes selecionadas pela ferramenta computacional nas “menções de palavras”.

A integração conjunta representa o percentual de respostas que o software *pNota* demandou para análise e descrição do êxito da AEP. Os parâmetros qualitativos são representados por porcentagens. Se o valor de respostas das “menções de palavras” for superior a 70%, indica que o método avaliativo integrado obteve bons resultados no avanço dos Níveis Cognitivos e das Habilidades esperadas para o 5º ano.

O êxito da Atividade Experimental Problematizada (AEP) está associado ao Nível Cognitivo previsto. Isso significa que o *Software pNota* converte e integra as porcentagens geradas pela ferramenta computacional ao Nível Cognitivo correspondente - Avançado, Adequado e Insuficiente - para parametrizar as “menções de palavras” de cada Atividade Experimental Problematizada (AEP). Essa conversão e integração foi baseada nas informações do Quadro 4: Equivalência de conversão *Software pNota* para o nível cognitivo, conforme apresentado na página 56.

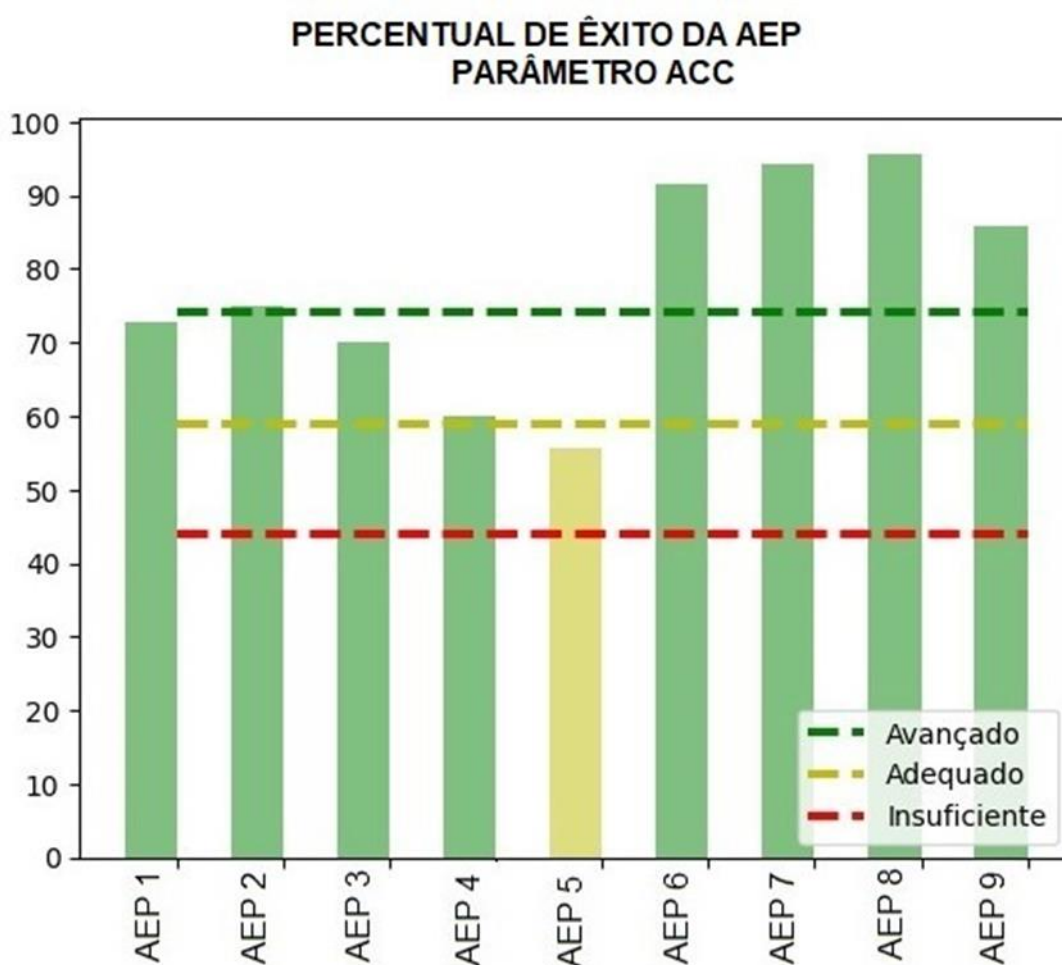
Ao receber esse relatório, o professor terá um documento que apresenta os gráficos com Parâmetros Qualitativos (ACC, PRE, REC e F1) das turmas analisadas nas Figuras 27 a 30, junto as “menções de palavras” apresenta na Figura 31.

A acurácia (ACC) representa o primeiro parâmetro qualitativo descrito no relatório gerado pelo *Software pNota*. Essa métrica aponta a quantidade de respostas que foram avaliadas de modo equivalente pelo *Software pNota* e pelo professor. Por meio do processo de inteligência artificial seleciona-se as “menções de palavras” que mais foram citadas.

Em seguida, essas “menções de palavras” são encaminhadas para o professor para análise das palavras-chave da resolução de problemas propostos para cada AEP. Após, o software *pNota* conclui a correção das respostas e parametriza como Acurácia (ACC) a porcentagem dos alunos que conseguiram descrever uma resposta

considerada adequada. A figura 27 traz a o percentual de êxito das Atividade Experimental Problematizada (AEP) a partir do parâmetro Acurácia (ACC).

FIGURA 27 - Percentual de êxito da AEP (Parâmetro ACC).



Fonte: Software pNota, 2020.

De acordo com a Figura 21, as aplicações das AEP foram mensuradas em três faixas distintas de êxito alcançado em termos de aprendizagem, quais sejam: Nível insuficiente (abaixo de 45%); Nível Adequado (entre 61% a 75%); Nível Avançado (acima de 76%). O intervalo de transição entre 46% e 60% corresponde as aprendizagens prévias dos alunos em termos de conhecimentos químicos próprios na finalização do 4º ano do Ensino Fundamental.

As Atividades Experimentais Problematizadas Introdutórias (AEP 1, AEP 2 e AEP 3) alcançaram o intervalo correspondente o Nível Cognitivo Adequado, pois a faixa de acertos corrigidos pelo Software *pNota* deu-se entre 61% a 75% de êxito de Acurácia (ACC).

As Atividades Experimentais Problematizadas Intermediárias (AEP 4, AEP 5 e AEP 6) tiveram uma variação diferenciada quanto às aprendizagens correspondentes ao Nível Cognitivo esperado. Observou-se que nas AEP 4 e AEP 5 houve um decréscimo de desempenho de 60% para 56% de êxito de ACC. Houve uma superação significativa em termos de aprendizagem da AEP 5 para a AEP 6, correspondendo a faixa de 56% a 92% de êxito alcançado, alcançando-se o Nível Cognitivo Avançado.

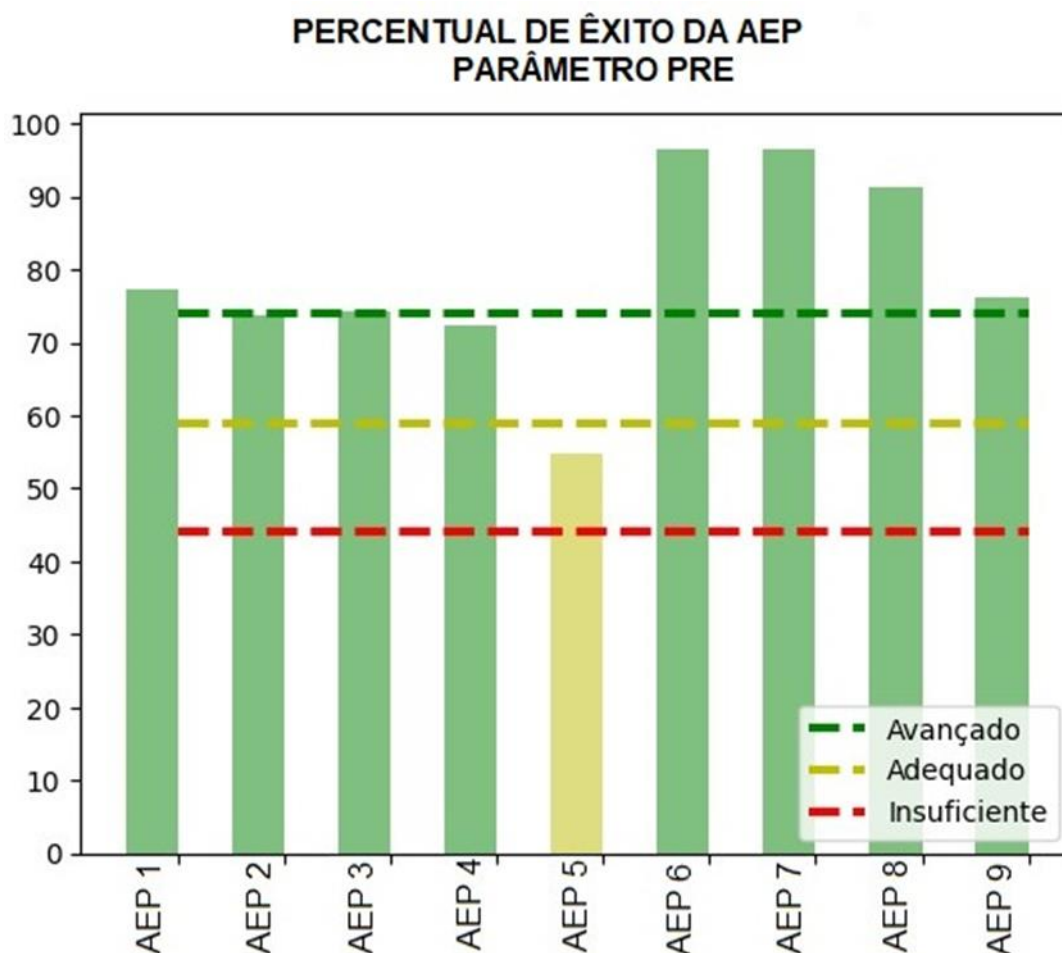
Assim, as Atividades Experimentais Problematizadas de Transição (AEP 7, AEP 8 e AEP 9) correspondem ao intervalo acima de 76% de êxito de Acurácia, identificado como Nível Cognitivo Avançado.

Quanto à métrica Precisão (PRE), representa o segundo parâmetro qualitativo descrito no relatório gerado pelo *Software pNota*. Essa métrica traz a precisão de uma avaliação entre a razão matemática dos acertos exatos (ACC) com a soma dos acertos e “meio acertos” avaliados no processo de correção estabelecido pelo professor. Ao corrigir uma atividade discursiva, o professor geralmente atribui uma correção com “meio acerto” quando o estudante atende parte dos requisitos esperados para elucidar a questão proposta.

Esse “meio acerto”, muitas vezes, pode ser contabilizado como uma questão correta. Logo, dá-se a falta de algum conectivo para fazer com que esta resposta seja efetivamente 100% assertiva. A métrica Precisão (PRE) estabelece essa equivalência, de modo a tornar o processo avaliativo mais imparcial, minimizando a interferência da subjetividade do docente.

Abaixo na Figura 28 será apresentado o percentual de êxito da Atividade Experimental Problematiza (AEP) a partir do parâmetro Precisão (PRE).

FIGURA 28 - Percentual de êxito da AEP (Parâmetro PRE).



Fonte: *Software pNOTA*, 2020.

A Atividade Experimental Problematizada Introdutória (AEP 1) alcançou o Nível Cognitivo Avançado, pois seu valor foi 77%. As AEP 2 e AEP 3 alcançaram o intervalo correspondente o Nível Cognitivo Adequado, pois a faixa de acertos corrigidos pelo *Software pNota* deu-se entre 61% a 75% de êxito de Precisão (PRE). As AEP Intermediárias (AEP 4, AEP 5 e AEP 6) tiveram uma variação diferenciada quanto às aprendizagens correspondentes ao Nível Cognitivo esperado.

Observou-se que nas AEP 4 e AEP 5 houve um decréscimo de desempenho de 74% para 56% de êxito de Precisão (PRE). De acordo com o gráfico, houve uma superação significativa em termos de aprendizagem da AEP 5 para a AEP 6, correspondendo a faixa de 56% a 97% de êxito alcançado.

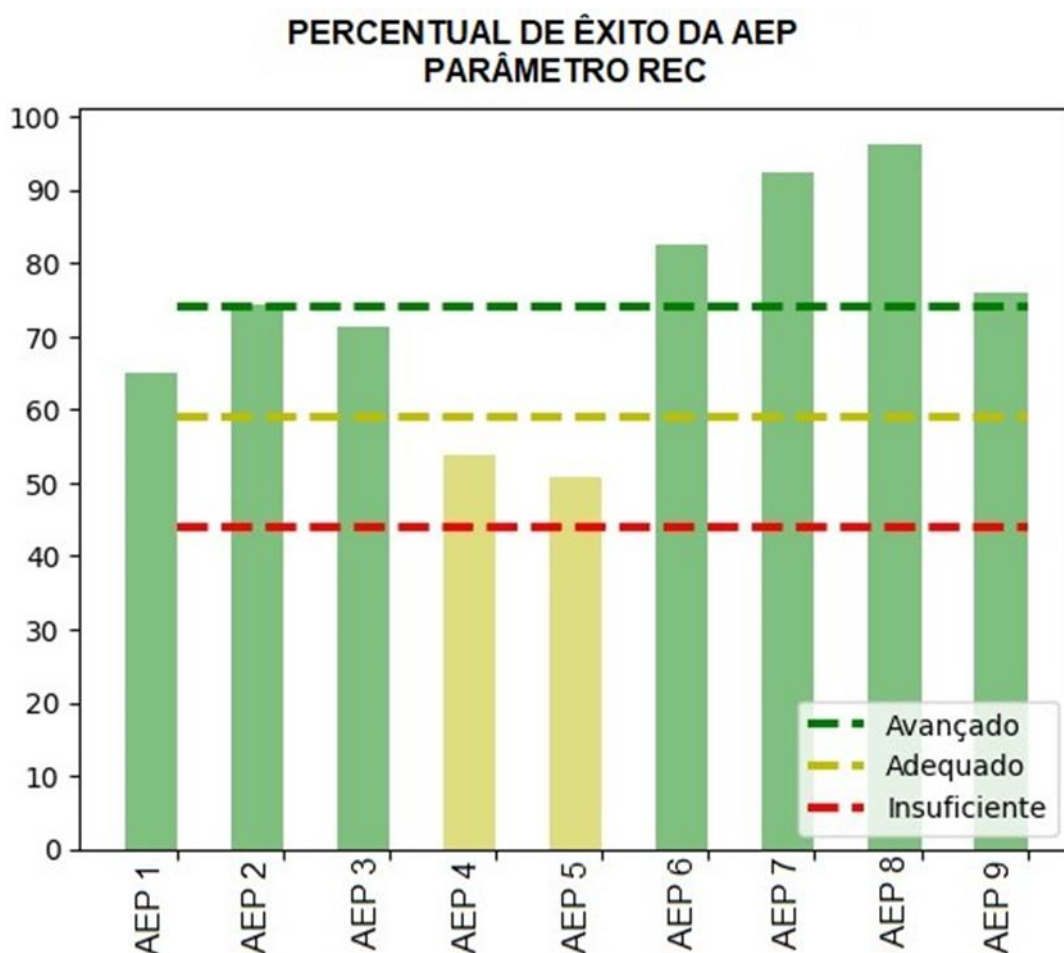
Logo, correspondem o Nível Cognitivo Avançado das Atividades Experimentais Problematizadas. Na sequência, observou as Atividades Experimentais Problematizadas de Transição (AEP 7, AEP 8 e AEP 9) que corresponderam ao intervalo acima de 76% de êxito de Precisão (PRE), identificado como Nível Cognitivo Avançado. Verificou-se que na faixa do Nível Cognitivo Avançado ocorreu um decréscimo de 90% para 76% na AEP 9.

Esse resultado revela que o *pNota* mensurou o conhecimento de Nível Cognitivo de cada AEP. O PRE é a precisão de avaliações de maior desempenho médio, ou seja, é o percentual das respostas consideradas relevantes dentro das aulas ministradas e respostas analisadas. Essa métrica é um dado importante para a classificação de êxito da AEP. Por exemplo, a AEP 4 apresentou 60% de ACC, ou seja, das 70 respostas coletadas, 42 são consideradas corretas enquanto as demais 28 eram falsos positivos (considerado os “meio acertos”) ou erradas. Porém, no PRE esse valor subiu para 73%.

Para compreender qual a quantidade de alunos cujas respostas foram consideradas “meio corretas”, o cálculo de PRE foi feito. Isso significa que das 28 respostas consideradas “meio acertos”, 15 estavam corretas (ou até mesmo extrapolou) com o esperado pelo professor. Dessa forma 57 respostas estavam coerentes com o esperado para o questionamento. Mesmo que o Software *pNota* erre a avaliação do Nível Cognitivo do aluno, esse erro não apresentará tanta diferença significativa pois os estudantes qualificaram a AEP 4 na faixa do Nível Adequado para o Avançado.

Para quantificar as respostas “meio acerto” que efetivamente estavam erradas, o *software pNota* descreve o terceiro parâmetro qualitativo denominado Recuperação (REC). Da forma semelhante à Precisão (PRE), a recuperação (REC) apresentou uma equivalência em que avaliou a razão matemática dos acertos com a soma dos acertos e erros. A análise desse parâmetro foi verificada na Figura 29.

FIGURA 29 - Percentual de êxito da AEP (Parâmetro REC).



Fonte: *Software pNOTA*, 2020.

A Atividade Experimental Problematizada Introdutória (AEP 1, 2 e 3) alcançou o Nível Cognitivo Adequado, pois a faixa de erros encontrados pelo *Software pNota* deu-se entre 61% a 75% de êxito de Recuperação (REC). As AEP Intermediárias (AEP 4, 5 e 6) tiveram uma variação diferenciada quanto às aprendizagens correspondentes ao Nível Cognitivo esperado.

Observou-se que nas AEP 4 e AEP 5 houve um decréscimo de desempenho de 74% para 53% de êxito de Recuperação (REC). Percebe-se que houve uma superação significativa em termos de aprendizagem da AEP 5 para a AEP 6, correspondendo a faixa de 50% a 85% de êxito alcançado.

Logo, a AEP 6 corresponde o Nível Cognitivo Avançado das Atividades Experimentais Problematizadas. Na sequência, observou que as AEP 7, 8 e 9, AEP de Transição, corresponderam ao intervalo acima de 76% de êxito de Recuperação (REC), identificado como Nível Cognitivo Avançado. Verificou-se que na faixa do Nível Cognitivo Avançado ocorreu um decréscimo de 96% para 76% na AEP 9.

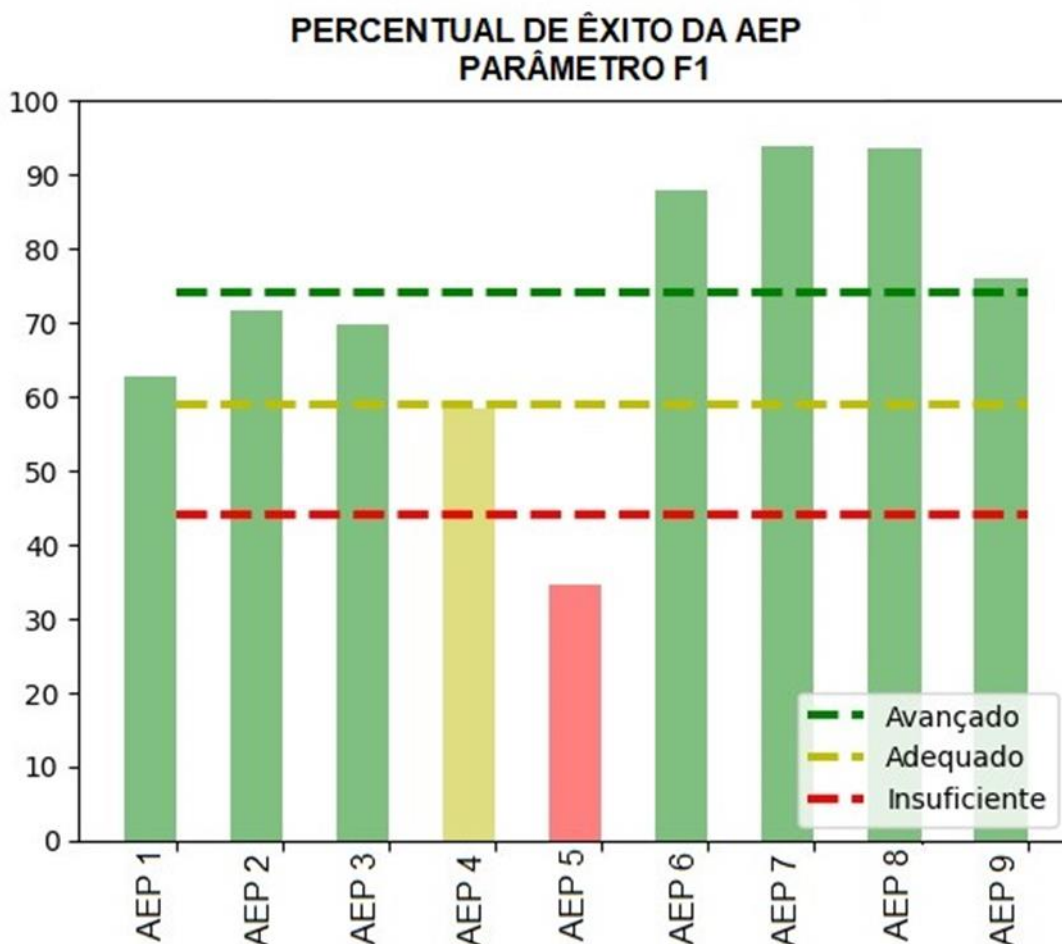
A precisão (PRE) e a recuperação (REC) indicam a proporção entre o sistema computacional e as expectativas do professor na atividade, com o equilíbrio entre as avaliações corretas e os “meio certa” (no caso da PRE) e incorretas (no caso do REC). Isto é, como que o software pNota gerou modelos específicos e consistentes para cada uma das avaliações dentro do Nível Cognitivo, ele diferencia os padrões identificados nas amostras para as demais (questão errada) da mesma forma que garante que amostras das outras avaliações não recebam uma avaliação inconsistente (questão “meio certa”).

Para estabelecer o impacto entre as métricas PRE e REC, o sistema computacional estabeleceu uma média em que avalia as respostas verdadeiras avaliadas de forma incorreta e respostas erradas que foram avaliadas de forma incoerente, ou seja, é uma média das incoerências no modelo avaliativo software pNota em relação ao modelo do professor. Essa métrica é chamada de Ponderação (F1).

Para exemplificar a aplicação da métrica Ponderação (F1), um estudante teve sua resposta avaliada pelo professor como 1,8. Através do Quadro 4, esse estudante estaria no Nível Cognitivo 2, ou seja, Adequado. O Software pNota atribuiu que uma resposta que apresentasse o valor de 1,8 seria classificado no intervalo do Nível Cognitivo Insuficiente para Adequado, uma vez que o Padrão de Resposta gerado pelo estudante não apresentou as “menções de palavras” relevantes para o êxito da Atividade Experimental Problematizada (AEP).

A métrica Ponderação (F1) é o quarto parâmetro qualitativo descrito no relatório e indica possíveis “fugas do modelo”, isto é, uma resposta cujas palavras foram aleatórias em que o Software pNota não conseguiu realizar a análise com os Padrões de Respostas esperados na (ACC). A Figura 30 apresenta o percentual de êxito dentro da AEP por meio da análise de (F1).

FIGURA 30 - Percentual de êxito da AEP (Parâmetro F1).



Fonte: *Software pNOTA*, 2020.

A Atividade Experimental Problematizada Introdutória (AEP 1, 2 e 3) alcançou o Nível Cognitivo Adequado, pois a faixa de erros encontrados pelo Software pNota deu-se entre 61% a 75% de êxito de Ponderação (F1).

As Atividades Experimentais Problematizadas Intermediárias (AEP 4, 5 E 6) tiveram uma variação diferenciada quanto às aprendizagens correspondentes ao Nível Cognitivo esperado. Isto pode ser explicado pelo aumento no nível de complexidade exigido no que se refere aos conteúdos científicos apresentados.

Observou-se que na AEP 4 apresentou um valor de desempenho correspondente a 60%, enquanto a AEP 5 teve um decréscimo de desempenho de 35% de êxito de

Ponderação (F1). Percebe-se que houve uma superação significativa em termos de aprendizagem da AEP 5 para a AEP 6, correspondendo a faixa de 35% a 85% de êxito alcançado.

Logo, a AEP 6 alcançou o Nível Cognitivo Avançado das AEP. Na sequência, observou-se que as Atividades Experimentais Problematizadas de Transição (AEP 7, AEP 8 e AEP 9) corresponderam ao intervalo acima de 76% de êxito de Ponderação (F1), identificado como Nível Cognitivo Avançado. A AEP 9 correspondeu a Habilidade descrita na BNCC esperada para os estudantes no 6º ano do Ensino Fundamental.

As AEP 6, 7, 8 e 9 permaneceram avaliadas como eficazes dentro do Nível Cognitivo Avançado, ou seja, apresentaram F1 superior a 75%. As AEP 1, 2 e 3 estão na faixa do Nível Cognitivo Adequado para o Avançado, pois a faixa de acertos corrigidos pelo *pNota* foi entre 61 a 75%. A AEP 4 foi enquadrada na faixa entre os 45 a 60%, portanto, sua eficácia apresentou nivelamento como Insuficiente para Adequado. Já a AEP 5 obteve uma equiparação no Nível Cognitivo Insuficiente.

As Atividades Experimentais Problematizadas Introdutórias tiveram o objetivo de iniciar, de introduzir o aluno ao “universo experimental químico”. É esperado que o discente venha do estágio “zero” de intimidade com o esse tipo de metodologia, e à medida que as AEP vão sendo executadas, ele passa a ter mais habilidade com essa proposta de ensino. Isso foi verificado nas figuras 27 a 30 em que as AEP 1, 2 e 3 mantiveram seus Níveis Cognitivos nas faixas de Adequado para Avançado.

As AEP Intermediárias tiveram a finalidade de elevar gradativamente a dificuldade na organização, no desenvolvimento e na sistematização para solucionar o problema-proposto, pois, assim que o aluno tem seu processo cognitivo provocado a refletir sobre suas atitudes procedimentais, o Nível Cognitivo é elevado. As AEP 4 e 5 confirmam esse esforço quando nas Figuras 27 a 30 elas não conseguem ultrapassar a faixa de Insuficiente para Adequado.

A AEP 5 é o resultado mais crítico, e mais eficaz, quando foi observada a Figura 30. Considerando que F1 aponta a média da Precisão (PRE) e Recuperação (REC), a habilidade estudada na AEP 5 foi a mais provocada cognitivamente. Nota-se que, a partir da AEP 6 a faixa foi elevada para Nível Cognitivo Avançado.

As Atividades Experimentais Problematizadas de Transição tiveram o propósito de promover a mudança de Nível Cognitivo dentro da habilidade do 5º ano. É esperado que, nessas atividades, o estudante já tenha domínio com a metodologia de Atividade Experimental Problematizada e já esteja no Nível Cognitivo Avançado. As AEP 7, 8 e 9 atestaram esse avanço, uma vez que as Figuras 27 a 30 se encontraram na faixa do Nível Cognitivo Avançado.

Fazendo uma analogia ao Estudo da Cinética Química, as AEP 1 a 4 puderam ser consideradas como atividades espontaneístas, ou seja, como o Nível Cognitivo foi mantido dentro da faixa de Adequado para Avançado, entende-se que não foi necessário o uso de “energia de ativação” para serem executadas. Isto é, os estudantes demonstrando que o conhecimento prévio adquirido não foi estimulado o suficiente para elevar sua habilidade.

Em contrapartida, as AEP 5 a 9 foram estimados como não espontâneos. Observou-se que a queda da AEP 5 fez toda a diferença no processo cinético das AEP, pois o aumento significativo do Nível Cognitivo da AEP 5 para a AEP 6 demonstrou a necessidade de uma energia externa, também conhecida como energia de ativação, para dar continuidade ao processo de ensino-aprendizagem.

A permanência do Nível Cognitivo na faixa do Insuficiente da AEP 5 comprovou que o estudante foi instigado a pensar sobre o problema-proposto na Atividade Experimental Problematizada. Esse tipo de ação forçou o desenvolvimento do Nível Cognitivo, elevando de Insuficiente para Avançado. Essa AEP 5 foi fundamental para que a aprendizagem das seguintes atividades fosse exitosa.

A intervenção do professor foi a *energia de ativação* crucial para dar continuidade a metodologia de Atividade Experimental Problematizada. O processo catalítico docente na AEP 5 fez a diferença no desenvolvimento da habilidade para essa atividade, pois, a partir da AEP 6 notou-se a estagnação do Nível Cognitivo Avançado.

Sendo assim, na *Cinética da Aprendizagem*, o educador é a energia de ativação do processo, pois ele oferece condições adequadas a aprendizagem que fazem o estudante avançar no Nível Cognitivo. Segundo Moreira (2006), a mediação do docente estabelecerá que novas ideias e conceitos possam ser aprendidas

significativamente na medida em que o aluno consiga uma nova estrutura cognitiva para atuar como ponto de ancoragem ao novo conhecimento.

O processo catalítico docente entra na AEP 5 e confirmou que os critérios teóricos e metodológicos planejados nas Atividades Experimentais Problematizadas promoveram o interesse do aluno para com os problemas-propostos e provocaram o ganho da aprendizagem conforme discutido por Silva e Moura (2018).

Finalizando os parâmetros dos dados no relatório enviado pelo software pNota, o erro médio absoluto (MAE) é a métrica mais relevante e descritiva para o professor. O MAE indica, em pontos, como foram as diferenças médias entre os valores atribuídos pelo sistema computacional em relação a avaliação estabelecida pelo professor. Essa métrica informa a disparidade entre a correção realizada do professor comparada com a do Software pNota, ou seja, quanto mais próximo de zero o MAE ficar, mais confiável é a correção do software ao que foi esperado pelo professor, conforme pode ser notado no Quadro 15.

QUADRO 15 - Valor de erro absoluto obtido pelo software pNota.

Métrica	AEP								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MAE	0,49	0,47	0,34	0,50	0,60	0,10	0,07	0,04	0,19

Fonte: *Software pNota*, 2020.

O valor de erro absoluto obtido pelo *Software pNota* gerou um resultado com valores inferiores a um (1). Quanto menor o valor de (MAE), maior será a exatidão das avaliações realizadas entre o *Software pNota* e o professor, ou seja, mais confiável será o modelo extraído a partir dos padrões de respostas.

Essa confiabilidade de resultados pode ser comprovada ao comparar os resultados da análise do Anova seguida do teste de Tukey com os resultados da análise do

Software pNota. Observou-se que ambos apresentaram a mesma análise para os Níveis Cognitivos dentro das Atividades Experimentais Problematizadas.

Considerando que clone é o conjunto de células geneticamente idênticas a célula original e que polimerase é uma enzima catalítica corretiva das reações químicas envolvidas com o DNA, fazendo uma analogia na área da Ciência da Natureza, podemos considerar que o Software pNota seja o *clone polimerase* do professor. Ou seja, a intervenção do professor na análise dos Padrões de Respostas é a célula original (DNA) que originará a polimerase (correção) através do clone (software pNota).

Por ser uma ferramenta computacional e por fazer uma interação com o professor em todo o processo avaliativo, o resultado de um MAE próximo a zero significa que a qualidade da correção das Atividades Experimentais Problematizadas (AEP) é muito equivalente à de um docente. Portanto, o tempo gasto em corrigir as atividades e analisar os resultados das propostas de atividades pode ser direcionado para fazer mediação pedagógicas que atribuam uma aprendizagem significativa aos estudantes.

A avaliação formativa leva o professor a observar melhor seus alunos, a compreender melhor o processo cognitivo do estudante, de modo a ajustar e individualizar suas intervenções pedagógicas (PERRENOUD, 1999).

Para reduzir esse esforço de correção pelo professor, o software pNota atende as características da avaliação formativa conforme as características citadas por Villas Boas (2004): “é mediado pelo professor; destina-se a promover a aprendizagem; considera o progresso individual do aluno; os erros são vistos como informações diagnósticas para aprendizagem e o aluno exerce o protagonismo da sua aprendizagem”. Essas características puderam ser observadas na Figura 8.

O software pNota avaliou a proposta de educação da Atividade Experimental Problematizada de Ensino de Conhecimentos Químicos como exitosa e aplicável. Logo, o produto educacional será descrito no próximo capítulo, haverá a indicação sobre como organizar uma AEP e o uso do Software pNota.

Ainda presente no relatório emitido pelo software pNota, a ferramenta computacional traz um compilado contendo as dez principais “menções de palavras” (em ordem decrescente), padronizadas, sem sinais gráficos (como acentuação) e sem os conectivos de linguagem. Nessas “menções”, representadas na Figura 31, o professor conseguiu verificar se os alunos citaram as palavras-chave de forma coerente e relevante ao que foi proposto em cada AEP. Após considerar a frequência de palavras-chave, o docente relacionou a quantidade de termos mencionados com o total de alunos, de modo a planejar sua intervenção didática.

Para exemplificar o uso desse dado, observe as palavras indicadas na AEP 1. As palavras mais mencionadas fazem uma coerência ao Problema Proposto na atividade. A palavra “chocolate” foi citada cinquenta vezes, e, junto as outras palavras citadas, demonstra a compreensão do objetivo experimental da atividade.

Na AEP 4 a palavra “chocolate” foi mencionada dezoito vezes. Isto é, a expressão mais repetida dentro das setenta respostas aferidas nessa aula foi dezoito. Esse resultado significa que os alunos tiveram dificuldade de descrever a resolução do Problema-Proposto. Logo, necessitará de uma *intervenção catalítica docente* na Habilidade dessa AEP pois o Nível Cognitivo esperado não foi tão expressivo.

Essas “menções de palavras” podem trazer padrões de respostas que sejam significativos ou padrões de respostas que não são significativos. Esses padrões de frequências de respostas permitirão ao professor identificar se houve o avanço nos Níveis Cognitivos.

À medida que a Atividade Experimental Problematizada evolui, o aluno começa a dominar não só as ferramentas de ensino, como também percebe o enriquecimento do vocabulário.

FIGURA 31 - Menções de palavras mais frequentes em cada AEP (N=70).

AEP 1		AEP 2		AEP 3	
chocolate	50	sal	70	sal	69
maria	20	agua	58	fogo	25
banho	19	areia	56	porque	20
derretemos	16	filtração	30	ter	12
45	12	evaporação	20	certeza	12
graus	10	mistura	20	sodio	10
derreter	9	filtro	19	cor	10
fogo	8	funil	15	chama	10
aquecendo	7	filtrando	12	brilha	10
temperatura	6	dissolução	8	realmente	9
AEP 4		AEP 5		AEP 6	
chocolate	18	gas	100	sal	18
temperatura	17	helio	56	pois	15
manter	13	porque	22	porque	14
insulamento	9	carbonico	21	azia	10
ar	8	flutuam	19	sodio	9
nome	7	pois	16	fruta	8
fenomeno	6	bexigas	12	bicarbonato	8
cobertor	6	leve	10	barriga	8
quente	5	outras	8	acido	8
fusao	5	caem	8	melhorar	7
AEP 7		AEP 8		AEP 9	
agua	43	sal	43	areia	43
chuva	19	gelo	27	grossa	27
solo	17	colocando	12	dissolvendo	12
ciclo	16	fino	11	fino	11
terra	14	jogando	10	cavando	10
vai	7	cozinha	10	pazinha	10
atraves	7	bloco	10	bloco	10
debaixo	6	derretendo	9	derretendo	9
lencol	5	aquecendo	5	desagrega	5
freatico	5	cima	4	castelo	4

Fonte: A autora, 2020. Dados tratados pelo *Software pNota*.

Resumindo o que deve ser analisado ao receber o relatório emitido pelo *Software pNota*, os parâmetros que o professor deve se orientar para analisar o perfil da sua avaliação diante da turma são:

- 1) Analisar os menores valores MAE. A partir desses dados, o professor se orientará se a atividade foi eficaz e assim poderá se guiar sobre o próximo resultado a ser analisado.
- 2) Considerar a métrica PRE. Esse valor é um indicativo do real número de acertos dentro da sua atividade avaliativa, inclusive aqueles que extrapolaram na expectativa de resposta.
- 3) Verificar o valor F1. Por apresentar resultado que calcula todas as possíveis fugas de modelos, aqui o professor consegue identificar o quão real são os Padrões de Respostas.
- 4) Examinar ACC. Por meio dessa porcentagem o professor consegue identificar a exatidão de estudantes que conseguiram alcançar sua expectativa de resposta.
- 5) Julgar as menções mais citadas. A parte que descreve as palavras-chave faz com que o professor compreenda como os alunos estão pensando sobre a o problema-proposto e, junto a isso, consegue confrontar os resultados de possíveis aulas não eficazes.

O capítulo seguinte descreverá o produto gerado nessa pesquisa.

5. PRODUTO

O produto é um Guia Didático em formato de e-book que será disponibilizado para que o professor seja orientado e estimulado a produzir a sua própria Atividade Experimental Problematizada (AEP).

O Guia Didático é dividido em seis (6) capítulos que auxiliam o percurso didático de planejar uma AEP; de criar um formulário digital (Google Forms) e aplicá-lo ao Software pNota; de analisar os resultados e propor uma intervenção pedagógica através do método avaliativo formativo dos estudantes.

O e-book é um registro para que o professor conheça a parceria entre a AEP e o software pNota como uma metodologia de romper o tradicionalismo nas aulas experimentais e o método avaliativo. Formando um trio (a AEP + o software pNota + o Professor), o livro digital fará o elo entre a metodologia ativa, o experimento provocativo e a aula construtivista.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A educação brasileira é regida por uma Lei Educacional que regulamenta e norteia os currículos das escolas em todos os estados do país. A Base Nacional Comum Curricular visa articular a aprendizagem dos estudantes com outras habilidades relacionadas ao processo de ensino para priorizar o desenvolvimento da habilidade e competência de maneira mais significativa e efetiva. Porém, essa implementação da BNCC traz diversos desafios na educação, uma vez que o professor precisa evoluir na maneira de ensinar os conteúdos curriculares para que os estudantes desenvolvam suas habilidades.

O professor deve atrair os alunos de forma intencional para uma investigação ativa, algo atrelado diretamente à questão da alfabetização científica. Trata-se de um convite para deixar a transmissão de conteúdo de aulas expositivas e caminhar para uma ação especulativo, auxiliando e ensinando a utilizar ferramentas de pesquisa, analisar dados, contrapor informações e desenvolver a autonomia. Uma atividade que corrobora com o que é esperado e descrito na nova BNCC é a Atividade Experimental Problematizada (AEP).

O estudo comprovou que a metodologia da AEP consegue avançar o Nível Cognitivo dos estudantes de forma significativa, deixando o aluno ser o protagonista da aprendizagem. Através dos Verbos do Domínio de Complexidade de Bloom, o professor consegue acompanhar a evolução da habilidade dentro da sua AEP, e fazer dessa Atividade experimental uma avaliação formativa.

Saber organizar uma aula em que o aluno seja protagonista do conhecimento, sem perder a autenticidade da disciplina e ao mesmo tempo que seja inovadora é algo que pode deixar muito professor angustiado. Para isso, as ferramentas tecnológicas vêm acrescentar conhecimento e estímulo do “Novo normal educacional”.

Apesar do software pNota ser uma inteligência artificial, ele é uma ferramenta que, para fluir com suas funções, é necessário a interatividade do professor a todo tempo para que haja uma avaliação formativa sem subjetividade. Portanto, é uma forma de avaliação formativa que pode ser aderida às nossas aulas para fazer a diferença no processo ensino-aprendizagem e na didática do professor.

A AEP e o software pNota formam uma parceria com o educador porque rompe o tradicionalismo nas aulas experimentais e no método avaliativo. Esse trio (a AEP + o software pNota + o Professor) consegue fazer o elo entre a metodologia ativa, o experimento provocativo e a aula construtivista.

O resultado desse elo é a personalização do ensino aprendizagem. Uma Atividade Experimental Problematizada é uma experimentação única, elaborada pelo professor para a sua turma. Não segue a “receita” de aula prática, pois dialoga e estimula os estudantes a resolverem uma situação-problema. Da mesma forma o software pNota, que é moldado nos padrões do professor mediador para avaliar e tratar cada turma, cada aluno de forma ímpar como o ensino deve ser.

Assim, uma das contribuições deste estudo consistiu em apresentar um indicador de desempenho de Nível Cognitivo no ensino-aprendizagem de Ciências Químicas em alunos das séries iniciais do Ensino Fundamental através da aplicação da AEP. Essa metodologia ativa, aplicada desde as séries iniciais, pode promover alfabetização científica da juventude escolar a fim de torna-la com habilidades científicas necessárias para argumentar a Ciência de forma crítica.

Outra colaboração trazida por esta pesquisa foi um método de avaliação formativa tecnológica, eficiente e prática que auxilia o professor a não só corrigir as atividades discursivas, como mapeia a fase em que ele pode fazer uma interseção pedagógica personalizada à sua turma, de forma a elevar o processo de ensino-aprendizagem do aluno.

REFERÊNCIAS

ALVES, Fabrício E.; DE LIMA, Viviani A.; MARCONDES, Maria ER. O ensino experimental como ferramenta metodológica em um processo de formação continuada na perspectiva da reflexão orientada. In: XVI Encontro Nacional de Ensino de Química/ X Encontro de Educação Química da Bahia, 2012, Salvador. **Anais...** Bahia: 2012.

BAUMAN, Zygmunt. **Modernidade Líquida**. Rio de Janeiro: Ed. Jorge Zahar Editor Ltda, 2001.

BLOOM, B. et al. **Taxonomia dos objetivos educacionais**: domínio cognitivo. Porto Alegre: Globo, 1983.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Brasília: MEC/SEF, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/#/site/inicio>. Acesso em: 16 de agosto. 2020.

CASTRO, Bárbara Porto; SILVA, Dafne Antunes; GARBACCIO, Giovanna Bugarelli. LETRAMENTO CIENTÍFICO E VARIÁVEIS SOCIOECONÔMICAS. In: Congresso Nacional Universidade, EAD e Software Livre. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 2019.

CHEVALLARD, Yves. La transposición didáctica. **Del saber sabio al saber enseñado**, Buenos Aires:Aique Grupo Editor, 1991.

CONKLIN, J. A taxonomy for learning, teaching and assessing: a revision of Blooms's taxonomy of educational objectives. **Educational Horizons**, v. 83, n. 3, p. 153-159, 2005.

CUNHA, Ana Maria de Oliveira, Krasilchick, Myriam. **A formação continuada de professores de ciências: percepções a partir de uma experiência**. Disponível em:<http://www.anped.org.br/sites/default/files/gt_08_06.pdf> Acesso em: 01 ago. 2019.

DRISCOLL, W.C. Robustness of the ANOVA and Tukey-Kramer Statistical Tests. **Computers & Industrial Engineering**.Vol 31,n1-2,p.265-268, 1996.

ESPÍRITO SANTO, Sedu e Conselho Estadual de Educação. **Normas para a Educação no Sistema de Ensino do Estado do Espírito Santo**. Vitória:2014.

FÁVERO, Maria Helena. A pesquisa de intervenção na psicologia da educação matemática: aspectos conceituais e metodológicos. **Educar em Revista**, n.1, p. 47-62, 2011.

FERRAZ, Ana Paula do Carmo Marcheti; BELHOT, Renato Vairo. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gestão & Produção**, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010.

MILETTO, Evandro Manara et al. Educação musical auxiliada por computador: algumas considerações e experiências. **RENOTE: revista novas tecnologias na educação**. Porto Alegre, v.2, n.1, mar., 2004.

GALHARDI, Antonio César; AZEVEDO, Marilia Macorin de. Avaliações de aprendizagem: o uso da taxonomia de Bloom. In: Anais do VII Workshop Pós-graduação e Pesquisa do Centro Paula Souza, 2013, São Paulo. **Anais...** São Paulo: 2013. p. 237-247.

GATTI, Bernadete A.; NUNES, Marina Muniz Rossa. **Formação de professores para o ensino fundamental**: estudo de currículos das licenciaturas em Pedagogia, Língua Portuguesa, Matemática e Ciências Biológicas. São Paulo: FCC/DPE, 2009.

GASPARIN, João Luiz. Uma didática para a pedagogia histórico-crítica. 3 ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2005.

GIL PEREZ , D.; CASTRO, P.V. La orientation de las practicas de laboratorio como investigación: un ejemblo ilustrativo. *Ensenanza de Las Ciencias*, Barcelona, v.14, nº2, 1996.

GOOGLE MAPS, **Google Maps**, 2020. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps>>. Acesso em : 22 set. 2020.

GREEN, Dan. **A Fórmula Secreta**. Uma Aventura Química de Quebrar a cabeça. Moderna, 20015.

JAIN, A. K.; MURTY, M. N.; FLYNN, P. J. ACM Computing Surveys, 1999. **Data clustering: A review**, v. 31, n. 3, p. 264-323.

JESUS, Elieser Ademir; RAABE, André Luis Alice. Interpretações da taxonomia de bloom no contexto da programação introdutória. In: Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE), 2009. **Anais...** 2009.

KARYPIS, Michael Steinbach George; KUMAR, Vipin; STEINBACH, Michael. A comparison of document clustering techniques. In: **TextMining Workshop at KDD2000 (May 2000)**. 2000.

KRATHWOHL, David R. A revision of Bloom's taxonomy: An overview. **Theory into practice**, v. 41, n. 4, p. 212-218, 2002.

LORENZETTI, Leonir; DELIZOICOV, Demétrio. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v.3, n.1, p. 45-61, Jan-Jun, 2001.

MOREIRA, Herivelto; CALEFFE, Luiz Gonzaga. **Metodologia da pesquisa para o professor pesquisador**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2008.

MOURA, P. R. G.; SILVA, A. L. S. ; KAUARK, F. . Atividade Experimental Problematizada (AEP): da teoria reflexiva à prática experienciada. In: Manuella Villar Amado; Ernesto Correa Ferreira; Denise Rocco de Senna; Ana Brígida Soares; Sandra Regina do Amaral; Isabela Maria Seabra de Lima. (Org.). **O Professor Pesquisador no Ensino de Ciências**. 1ed.Curitiba/PR: Appris, 2020, v. , p. 57-72.

MOREIRA, M.A. **O que é afinal Aprendizagem Significativa?**. Qurrriculum, La aguna, Espanha, 2012.

MORIN, E. A cabeça bem feita: repensar a reforma, reformar o pensamento. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

MUNARI, Alberto. Jean Piaget. Tradução e organização: Daniele Saheb. **Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana**, 2010.

OLIVEIRA, Elias *et al.*. **Uma tecnologia de agrupamento de respostas para redução de esforço de correção de atividades em sistema online de apoio à avaliação formativa em indexação.** In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação Inovação e inclusão social: questões contemporâneas da informação. Rio de Janeiro, 2010. **Anais...**Rio de Janeiro, 2010.

OSTERMANN, Fernanda; CAVALCANTI, Claudio Jose de Holanda. Um pôster para ensinar Física de Partículas na escola. **Física na escola. São Paulo. Vol. 2, n. 1 (maio 2001), p. 13-18, 2011.**

PELIZZARI, Adriana et al. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Revista PEC**, v. 2, n. 1, p. 37-42, 2002.

PEREIRA, Geraldo Magela da Cruz. **Avaliação da concordância dos principais testes utilizados para comparação de curvas de sobrevivência por meio de simulações.** 2016. 80f. Dissertação (Mestrado em Estatística Aplicada e Biometria) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2016.

PERENOUD, Philippe. Dez desafios para os Formadores de Professores. **A prática reflexiva no ofício de professor: profissionalização e razão pedagógica.** Porto Alegre: Artmed, 2002.

PERRENOUD, P. **Construir as competências desde a escola.** Porto Alegre: Artmed, 1999.

PIAGET, Jean. **Possibility and necessity.** U of Minnesota Press, 1987.

ROLDÃO, Maria do Céu. Função docente: natureza e construção do conhecimento profissional. **Revista brasileira de educação**, v. 12, n. 34, p. 94-103, 2007.

SANTOS, Wildson Luís Pereira dos. **Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios.** Revista Brasileira de Educação, v. 12, nº 36, p. 474-559, Set./dez. 2007.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de

indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.13, n.3, p. 333-352, 2008.

SILVA, José Luis PB; DE MORADILLO, Edilson Fortuna. Avaliação, ensino e aprendizagem de ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, n. 1, p. 1-12, 2002.

SILVA, André Luís Silva da & MOURA, Paulo Rogerio Garcez de. **Ensino Experimental de Ciências: uma proposta: atividade experimental problematizada (AEP)**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2018.

SILVA, André Luís Silva da; MOURA, Paulo Rogério Garcez de; DEL PINO, José Cláudio. **Continuum entre aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa na perspectiva ausubeliana e sua relação ao contexto escolar**. Revista Di@logus, Cruz Alta, v. 6, n. 1, p. 52-63, jan./abr. 2017.

_____Atividade experimental problematizada (AEP) como uma estratégia pedagógica para o ensino de ciências: aportes teóricos, metodológicos e exemplificação. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.12, n.5.2018.

SILVA, André Luís Silva da *et al.*. Atividade experimental problematizada (AEP): revisão Bibliográfica em descritores na Área de ensino de ciências. **Revista Pesquisa e Debate em Educação - Ensino de Ciências da Natureza e Matemática**. v. 9, n. 1, p.459-471, 2019. Disponível em:< <http://www.revistapgp.caeduffj.net/index.php/revista1/article/view/253>> Acesso em: 03 de mar.de 2019.

SOUSA, Alana Tamar Oliveira de et al. A utilização da teoria da aprendizagem significativa no ensino da Enfermagem. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 68, n. 4, p. 713-722, 2015.

SUART, R.C; MARCONDES, M.E.R. **A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química**. Ciência & Cognição, 14 (1), 2009. p.50-74.

TANI, Go; CORRÊA, Umberto Cesar. **Aprendizagem motora e o ensino do esporte**. Editora Blucher, 2016.

VAL, Maria da Graça Costa et al. **Avaliação do texto escolar-Professor-leitor/Aluno-autor**. Autêntica, 2015.

VILLAS, BOAS. BM de F. **Portfólio, avaliação e trabalho pedagógico**, Educ. Soc., Campinas, vol. 26, n. 90, p. 291-306, 2004.

WRIGHT, Jesse H. et al. **Aprendendo a Terapia Cognitivo-Comportamental-: Um Guia Ilustrado**. Artmed Editora, 2018.