

ÂNGELO F. PITANGA

FORMAÇÃO DE PROFESSORES:

PENS@MENTOS
MÚLTIPLOS
& PAR@LELOS

Buscando Superar as Visões
Epistemológicas Modernas





Ângelo F. Pitanga

FORMAÇÃO DE PROFESSORES:

PENS@MENTOS
MÚLTIPLOS
& PAR@LELOS

Buscando Superar as Visões
Epistemológicas Modernas



**INSTITUTO
FEDERAL**

Sergipe
Aracaju
2020

Para as Mulheres da minha vida,
Maria Laudelina (*in memoriam*)
e Maria Tarsila.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SERGIPE (IFS)**

PRESIDENTE DA REPÚBLICA

Jair Messias Bolsonaro

MINISTRO DA EDUCAÇÃO

Abraham Bragança de Vasconcellos Weintraub

SECRETÁRIA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA

Alexandro Ferreira de Souza

REITORA DO IFS

Ruth Sales Gama de Andrade

PRÓ-REITORA DE PESQUISA E EXTENSÃO

Chirlaine Cristine Gonçalves

DIRETORIA GERAL DE BIBLIOTECAS

Kelly Cristina Barbosa

Formação de Professores: Pensamentos múltiplos e paralelos. Buscando superar as visões epistemológicas modernas

Ângelo Francklin Pitanga

© 2020 • Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe

Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, por qualquer meio, sem prévia autorização do Instituto Federal de Sergipe.

PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GRÁFICA

Erik Daniel dos Santos

PROJETO GRÁFICO DA CAPA

Erik Daniel dos Santos

DIAGRAMAÇÃO

Erik Daniel dos Santos

REVISÃO

Roseli Pereira Nunes Bastos

Especificações

Dimensões: 210 mm x 290 mm

Formato

e-book

EDITORA-CHEFE

Vanina Cardoso Viana Andrade

EDITORAÇÃO

Diego Ramos Feitosa

Jéssika Lima Santos

Kelly Cristina Barbosa

Júlio César Nunes Ramiro

Wanderson Roger Azevedo Dias

CONSELHO EDITORIAL

Sônia Pinto de Albuquerque Melo

Jaime José da Silveira Barros Neto

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P681 Pitanga, Ângelo Francklin
Formação de professores [recurso eletrônico]: pensamentos múltiplos e paralelos. Buscando superar as visões epistemológicas modernas / Ângelo Francklin Pitanga- Aracaju, 2020.
109 p.: il.

Formato: e-book
ISBN 978-65-87114-03-3

1. Formação de professores. 2. Atividade docente. 3. Metodologia de ensino. 4. Influência pedagógica. I. Título.

CDU: 377.8

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Kelly Cristina Barbosa / CRB-5/1637.

[2020]

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe (IFS)

Avenida Jorge Amado, 1551. Loteamento Garcia, bairro Jardins.

Aracaju/SE. CEP: 49025-330.

Tel.: +55 (79) 3711-3222. E-mail: edifs@ifs.edu.br.

Impresso no Brasil

APRESENTAÇÃO

A atividade docente, desde a sua função social, formação, condições de trabalho, metodologia de ensino, didática e as condições salariais, é tema de debates e estudos, muito pertinente se observarmos somente o título desse livro, que trata da multiplicidade de pensamentos e a formação de professores. Em tempos históricos tão hostis ao pensamento questionador do tradicionalismo, nos quais temas como escola sem partido, sem ideologia política ou de gênero são entoados, e com isso transformam muitos professores em vilões da família, da moral e dos bons costumes, pensar é uma ação de resistência, e publicar o que pensa é uma ação de combate.

A Formação de Professores: Pensamentos múltiplos e paralelos buscando superar as visões epistemológicas modernas, de Ângelo Francklin Pitanga é uma dessas ações de resistência e combate. Trazer à tona as carências de diálogos, de interdisciplinaridade, de colaboração entre docentes, multiplicidade de pensamentos, difusão do conhecimento e de superação de visões epistemológicas de nossa formação docente, são abordados pelo autor na visão de um professor com formação em Licenciatura em Química, Mestrado em Química e Doutorado em Educação. É justamente no pensamento múltiplo que o autor supera as visões epistemológicas modernas e explora temas como Educação Ambiental e Química Verde, tendo o pensamento complexo como norte filosófico, e a prática dos **4 Cs** para exemplificar seu pensamento, que são: Conhecimento Científico, Criticidade, Criatividade e Colaboração. Os 4Cs que Ângelo Francklin Pitanga estabelece, demonstra uma postura compatível com a multiplicidade de pensamentos, que tem como premissa criar uma teia de conhecimentos e compartilhamentos de saberes.

A coerência entre os pensamentos do autor começa já pelo título e pela capa do livro. Ao pensar a formação do professor e representar o tempo presente com balões de diálogos em formas iguais e lineares, a sutileza do dizer está posta. As Universidades, Faculdades e Institutos formam licenciados de modo técnico operacional, prontos para reproduzir conteúdos nas salas de aulas, e assim usar livros didáticos como ferramenta essencial, mantendo o isolamento entre disciplinas e fragmentando o

conhecimento, tornando o binômio ‘ensino – aprendizagem’ mecânico, repetitivo, acrítico, apolítico, não dialógico¹ e criando um abismo entre docentes e estudantes. A linearidade e a multiplicidade de pensamentos expressos no desenho da capa são frutos de reflexões consistentes, a exemplo da Educação Ambiental, que aos moldes lineares e tradicionais se limitam às disciplinas de Química e Biologia, compartilhados de forma pouco crítica e sem multiplicidade. É assim que o autor estabelece seu ponto de crítica e mostra a complexidade e o olhar múltiplo em relação a Educação Ambiental, que se abre em possibilidades para estudo e debate nos campos da história, da sociologia, da química, da biologia e da química verde, bem ao encontro dos balões, diferentes em formas e cores, presentes na capa.

Ângelo Francklin Pitanga conduz em sua escrita reflexões que nos provocam para pensar a formação docente, a nossa condição como educadores e pessoas em constantes interações socioambientais, além de nossa inserção social enquanto profissionais essenciais para a construção de uma sociedade mais justa, igualitária e tolerante. Outra característica relevante é a revisão historiográfica que o autor faz no tocante aos pensadores e conceitos sobre o Pensamento Complexo, a Transdisciplinaridade e as especificidades da Química Verde e da Educação Ambiental.

Em 2014 conheci o professor Ângelo Francklin Pitanga em um campus do Instituto Federal, no estado da Bahia, e desde então sempre temos bons debates em relação a educação, aos processos de avaliação, formação docente, epistemologia educacional e ambiental, questões sociais, políticas e econômicas, além de discussões sobre o futebol, nos quais nos firmamos em identidade de resistência por sermos nordestinos e torcedores de times do nosso querido nordeste, sendo eu torcedor do Bahia e Ângelo torcedor do Confiança – SE.

Acompanhei também parte do processo de doutoramento do professor Ângelo Francklin Pitanga, e como ele mesmo define: “um processo de metamorfose”, que nesses debates me levou à reflexão em relação a nossa formação na licenciatura, a nossa prática docente, nossa condição de colaboração entre docentes e discentes, o caráter de difusão do conhecimento e dos perigos dos isolamentos entre disciplinas, ciências e seus conhecimentos no contexto educacional, fazendo com que tal reflexão me conduzisse ao doutoramento em Difusão do Conhecimento².

É inserido nesse processo de metamorfose (PITANGA, 2019) que evidenciamos alguns aspectos da nossa educação. Baseado nos 4Cs (Conhecimento Científico, Criticidade, Criatividade e Colaboração), o pensamento é estruturado como uma postura educacional que evidencia a necessidade de olhar o Conhecimento Científico com Criticidade, Criatividade

¹ A dialogicidade que nos referimos é baseada em dois autores e seus conceitos. O primeiro de Mikhail Bakhtin, que estabelece o discurso com entendimento polilógico e polifônico, admitindo que o diálogo é a premissa fundamental para compreender os lugares de fala, as apropriações dos discursos e suas funções sociais, políticas e econômicas, aos quais a educação, o conhecimento e a ciência estão inseridos. O segundo autor é Paulo Freire, que trata da autonomia do ato pedagógico como uma prática dialógica nas quais as experiências discentes e docentes, em seus anseios e sentidos são dialogadas, e assim, o processo ‘ensino – aprendizagem’ ganha sentido para os sujeitos envolvidos.

² Programa de Doutorado Multi-institucional e Multidisciplinar em Difusão do Conhecimento (DMMDC), composto pelas instituições: UFBA, IFBA, UNEB, UEFS, LNCC e SENAI-CIMATEC.

e Colaboração, evitando as situações generalizantes e o pragmatismo do politicamente correto.

O conhecimento com relação a Química Verde e a Educação ambiental podem ser explorados de forma multirreferencial, a partir das reflexões que são construídas nesse livro, transportando-as para muitas conjunturas da nossa contemporaneidade, devendo assim reafirmar, sempre, o nosso papel de enfrentamento dos discursos homogeneizantes, seja no campo do pensamento social, político e educacional, evidenciando a necessidade de diálogos múltiplos e respeito aos pensamentos diversos.

O que nos vem à mente quando pensamos em Química Verde, Educação Ambiental e Pensamento Complexo? Aos olhares dos mais conservadores e contrários aos temas elencados, este seria mais um livro chato e cheio de clichês. Eis o grande diferencial que o autor nos apresenta, pois, o livro traz nuances de metalinguagem interessantes para a nossa reflexão, de modo a discutir a Química Verde e a Educação Ambiental em um contexto do Pensamento Complexo que tem como base a formação docente e os efeitos de causa e consequência, seja da prática docente ou dos temas abordados.

Para mim, os temas ambientais – seja na perspectiva dos defensores ambientais ou na análise dos detentores do capital, com discurso de progresso a qualquer custo –, são baseados em muitos casos de falta de diálogo, radicalismo e doutrinação. Na educação, temas como Química Verde e Educação Ambiental muito se assemelham com a visão romântica ou salvacionista do mundo, com um manual de práticas de hábitos saudáveis, cuidados com o meio ambiente, coleta seletiva do lixo e bom uso das reservas aquíferas. Tal visão está correta, porém, desconectada da realidade de milhares de pessoas no Brasil, que não têm acesso a empregos formais, direitos trabalhistas, escolas com boas estruturas educacionais, transporte público com qualidade, saneamento básico e outros tantos problemas sociais brasileiros.

Analisar de modo puro e simples a Química Verde e a Educação Ambiental no contexto escolar e na formação docente é dar continuidade ao discurso que aprendemos na escola, sobre práticas educacionais sem criatividade, sem criticidade e sem colaboração; e daí se faz a necessidade do Pensamento Complexo para contextualizar, expandir fronteiras epistemológicas, aprofundar os debates, integrar e evidenciar olhares múltiplos.

Em uma sociedade como a nossa, em que conglomerados empresariais, aliados ao poder público, discutem a proibição de vendas e usos de canudos plásticos a partir do ano de 2020, e isto é maciçamente repetido como uma campanha de conscientização ambiental nas escolas, questionamos como um assunto encobre tantos outros problemas que não são pensados

criticamente. Tanto faz se o canudo será de papel, vidro, alumínio ou plástico, se ainda não garantimos condições de vida dignas, e ainda temos famílias que tiram sua sobrevivência de lixões, e que ainda muitos municípios brasileiros não possuam coleta seletiva de resíduos.

No tradicionalismo, tão arraigado na educação brasileira, o Pensamento Complexo é necessário para a formação docente de todas as áreas da licenciatura para que possamos interligar conhecimentos, tecer de modo efetivo construções educacionais interdisciplinares, combater as vaidades docentes em torno de suas disciplinas, e colocar em prática condições educacionais que instiguem a curiosidade docente e discente.

No campo da construção da mentalidade, é importante destacar que as exposições do pensamento apresentados pelo autor mostram que é necessário rever tanto a importância, quanto o modo quase dogmático que são tratadas a Química Verde e a Educação Ambiental. Os isolamentos disciplinares, de formação docente, de especificidade de áreas do conhecimento e da estrutura educacional atual mostram o resultado através de conhecimento fragmentado, desestimulante e repetitivo em forma e conteúdo para as práticas em sala de aula.

Se atingirmos a complexidade e a interdisciplinaridade em conteúdos da Educação Ambiental, será possível construir diálogos multidisciplinares, e pensar nas relações de poder e consumo que estão por trás de campanhas ambientais. Seria como pensar na contradição do discurso governamental ao proibir a fabricação de canudos plásticos, por que o material é mais poluente e demora a se decompor na natureza, e o mesmo poder público não investir em transporte público de massa que tenha como conceito a redução da emissão de poluentes no ar.

A Educação Ambiental analisada pelo Pensamento Complexo nos permite tecer conjunturas sociais, políticas e econômicas que evidenciem que problemas ambientais estão cercados de interesses contraditórios, antagônicos e que não são discutidos no âmbito escolar. Outro aprofundamento possível a partir do olhar complexo na Educação Ambiental é a expansão de horizontes disciplinares e a reflexão do porquê de tais conhecimentos, no contexto escolar, serem restritos às disciplinas de Química e Biologia. Como a Educação Ambiental pode ser discutida por outras disciplinas? Para as Ciências Humanas cabem muitas possibilidades de ações interdisciplinares, que versam do debate ao consumismo e o fetiche da mercadoria (categoria de análise marxista), até o debate social da produção, ações públicas e concentrações diversas por grupos hegemônicos de poderes.

É necessário pensar em meio ambiente em um panorama no qual a evidência seja a complexidade, o ser humano,

suas interações e inserções aos meios sociais, acesso a bens e serviços. Na atualidade, os discursos em relação ao meio ambiente são abstratos, com ênfase aos meios naturais, a substituição de produtos, de técnicas e meios de produção, modificação de hábitos de consumo e de vida, em que o ser humano parece deslocado, muitas vezes tratado como vilão, degradador e inconsciente. Contudo, carece e muito pensar no ser humano, na complexidade das relações sociais, na dialética das relações, no contexto político, social e econômico.

Independente de disciplina, área de conhecimento e vaidades docentes, é necessário pensar a educação e a formação docente de modo múltiplo e complexo, que atenda ao dinamismo das relações e estruturas sociais. Na perspectiva educacional é muito importante, independente da área de formação docente, repensar a estrutura da disciplina, do papel e apropriações do conhecimento, das ações criativas e colaborativas em relação ao conhecimento, tecendo relações múltiplas com outras disciplinas, de modo a repensar a formação e a prática docente, bem como nossa fuga da zona de conforto disciplinar, necessária para o enfrentamento aos que depreciam e desvalorizam a atividade docente, seja no poder público, na iniciativa privada ou nos discursos sociais e midiáticos.

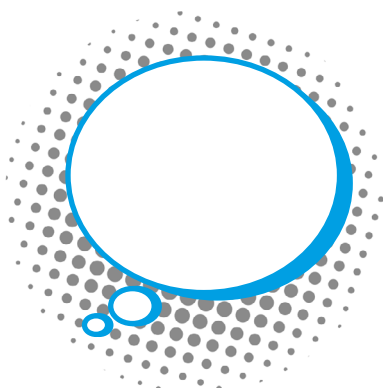
Dr. Homero Gomes de Andrade
Professor do Instituto Federal da Bahia

SUMÁRIO



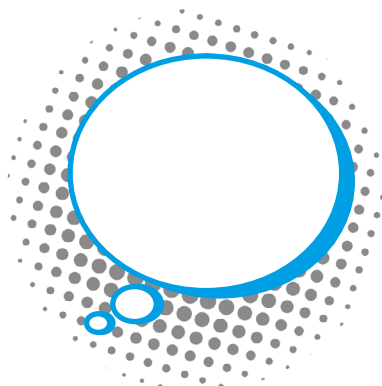
INTRODUÇÃO

PENSAMENTO MODERNO:
INFLUÊNCIAS EPISTEMOLÓGICAS E
PEDAGÓGICAS



O PENSAMENTO
COMPLEXO

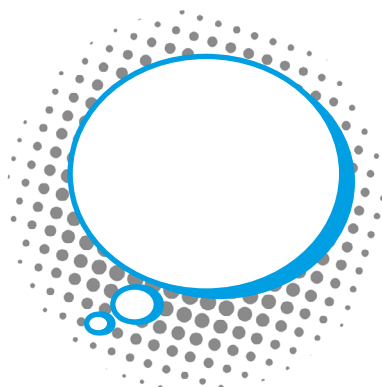
**OS CAMINHOS PARA
A CONSTRUÇÃO DE
UM PENSAMENTO
COMPLEXO: A INTER E A
TRANSDISCIPLINARIDADE**



**AS QUESTÕES
PLANETÁRIAS E
A FORMAÇÃO DE
PROFESSORES**

A Educação Ambiental.....	54
O Enfoque Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS).....	63
A Química Verde.....	68
Propostas de Intervenção Didática na Pedagogia: Conhecimento Científico, Criatividade, Críticidade e Colaboração (4Cs).....	82

REFERÊNCIAS



SUMÁRIO

INTRODUÇÃO



Me aproximo deste tema com profundidade durante a realização do curso de doutorado. Na oportunidade, realizei investigações que tratavam sobre as questões ambientais e a formação de professores. A fim de entender sobre as questões ambientais, fortuitamente debrucei-me em leituras que versavam sobre Epistemologia Ambiental e assim, num processo de desconstrução/reconstrução de crenças, concepções, ideias e visões, passei por uma metamorfose nas minhas formas de entender e interpretar tais eventos.

Durante esse processo, fez-se necessário entender como ao longo do tempo a humanidade passou a adotar determinados comportamentos para com a natureza. E isso, me remeteu, obrigatoriamente, a estudar sobre Epistemologia da Ciência e buscar as razões filosóficas que trariam, com maior ênfase a partir do final da Segunda Guerra mundial, os questionamentos sobre os rumos da nossa civilização.

O esgotamento das fontes de recursos naturais, a diminuição da qualidade da água potável e da germinação do solo; a extinção de inúmeras espécies de animais e vegetais; o fim de enormes e importantes áreas de florestas. Estes e outros fatos podem ser elencados como algumas incontestáveis evidências relacionadas com os rumos que as atividades humanas, de forte impacto no ambiente natural, vinham provocando.

Episódios sombrios e lamentáveis não podem deixar de ser lembrados nessa linha do tempo. Entre eles temos os marcantes e chocantes lançamentos das bombas nucleares, ao fim da segunda, e espero que última grande guerra mundial, que instantaneamente reduziu 200 mil pessoas a pó (DUPAS, 2006), e ainda hoje guarda consigo marcas físicas nos últimos poucos sobreviventes, e marcas psicológicas em milhões de pessoas espalhadas pelo mundo.

Nesse íterim, não se pode deixar de apontar para a enorme contribuição advinda da publicação, no ano de 1962, do livro Primavera Silenciosa. A referida obra, considerada até hoje como um marco na Epistemologia Ambiental, trazia no corpo de seu texto graves denúncias associadas com a contaminação pelo uso do defensivo agrícola, DDT, assim chamado no passado, que deveras era sua preocupação, pois já alertava para o fato de que crianças inocentes estavam sendo contaminadas por essa substância através do leite materno.

Mas algumas limitações são encontradas nessa forma de pensar as questões ambientais. Com base num entendimento reducionista, onde somente as consequências danosas ao meio biofísico são levadas em consideração, com vistas às questões ambientais como somente uma categoria biológica de análise. E, diante desse grande obstáculo analítico, tive a oportunidade de encontrar as leituras de Enrique Leff, nas quais o consagrado autor aponta para os problemas

ambientais como uma categoria social de análise, estando no cerne dessas questões o modo de pensar e agir do homem moderno, o que sucintamente chama de racionalidade.

Para Leff, a crise socioambiental é fruto da relação estabelecida entre a humanidade e o meio natural, com base numa racionalidade capitalista, onde a transformação da natureza é submetida aos interesses do acúmulo do capital. E dessa relação, que é em si conflituosa, surgem as chamadas externalidades do sistema econômico, que se espalham tanto na exploração da natureza, como do homem.

E qual o denominador comum que leva há um diálogo entre as questões ambientais versus a formação de professores? Enrique Leff, Boaventura de Souza Santos, Edgar Morin, e outros, apontam para uma crise da Civilização, uma crise estrutural, originária de uma *Crise do Conhecimento*. Das formas de pensar e agir no mundo, fundadas numa razão instrumental, que com o tempo fez disseminar e circular formas de pensar e entender o mundo baseadas no que chamamos de pensamento moderno, ou modernidade.

A crise da modernidade inaugurou uma série de questionamentos sobre a racionalidade dominante, bem como as ciências do conhecimento e os saberes que serviram de suporte teórico e meios instrumentais para o processo civilizatório, caracterizado pelo domínio do homem sobre a natureza (LEFF, 2012). O modelo vigente, sistema de organização da sociedade, apoiou-se nas bases mecanicistas como ideologia para a produção do conhecimento científico, e na tecnologia como instrumento regulador da eficiência produtiva, com vistas para um discurso de geração de progresso que escondia, por trás de tudo, os objetivos inescrupulosos da dominação capitalista (PITANGA, 2015a).

A epistemologia ambiental apresenta as evidências de que o paradigma do cientificismo acabou levando a humanidade para um quadro de insustentabilidade, e tem se mostrado inapropriado para responder às questões atuais. Porém, o mesmo se faz fortemente presente nas crenças e práticas escolares. Segundo Machado (2014), as formações dentro das instituições de ensino superior vêm sendo realizadas dentro de quadros de especialização e segmentação crescentes, numa conjuntura racionalista em que as ciências são retalhadas em componentes especializadas. E essa organização acaba por intensificar uma postura de pensamento reducionista.

E assim, partindo de duas premissas observadas durante as leituras no curso de doutorado, que são: os problemas ambientais e sua natureza complexa; e a formação de professores, que tem se mantido ao longo do tempo arraigada às formas de pensar reducionistas, é que me instiguei na tentativa de realizar a difícil tarefa de produzir um livro que apresente uma concepção filosófica contemporânea, voltada para a formação de professores, baseada em pensamentos múltiplos e paralelos.

Existem na atualidade múltiplas ideias sobre a crise ambiental, não havendo consenso, e sendo um campo marcado por visões antagônicas. Para alguns estudiosos, a crise faz parte da evolução natural em que os processos de dominação do homem sobre o meio seriam apenas um sintoma da inércia da mesma evolução da natureza. Outros atribuem os problemas às pressões exercidas sobre os ecossistemas naturais, por conta da implantação e intensificação das atividades humanas, devido ao crescimento vertiginoso da população. E num terceiro

entendimento, a crise é tida como construção social. Um processo dinâmico decorrente da evolução da sociedade (PORRAS-CONTRERAS, 2016).

Com base contexto, ousa afirmar que definir/denominar a atual situação como uma crise ambiental é, em si, uma perspectiva reducionista. Na medida em que enfatiza somente uma das dimensões da crise, que para muitos limita-se à perspectiva ecológica associada com a qualidade da diminuição dos serviços prestados pelo ambiente, ou então com vistas a pensar nos problemas de poluição. Reafirmo as palavras de Enrique Leff quando analisa a situação atual do planeta não como uma categoria biofísica, mas sim como uma categoria social.

Assim, diante da conjuntura crítica a qual vivenciamos, trataremos nesse texto o que chamamos de questões planetárias, com base num entendimento mais amplo de natureza interrelacional, multifacetada e, acima de tudo multidimensional, contemplando as dimensões política, econômica, social, entre outras. Assim, respeitaremos nas citações, tanto diretas quanto indiretas, dos variados autores utilizados nas discussões do texto, suas construções, tais como crise ambiental, questões ambientais ou socioambientais. Porém, utilizaremos neste diálogo a denominação de questões planetárias, pois tais problemas não respeitam limites físicos, geográficos, econômicos, sociais, e se espalham com diferentes intensidades nos diversos locais do planeta.

No primeiro capítulo, *Pensamento Moderno: Influências Epistemológicas e Pedagógicas*, atrevo-me a propor um breve ensaio filosófico. Assim, trago e discuto como ao longo do tempo o pensamento moderno tem fortemente influenciado, epistemológica e pedagogicamente, a formação de professores. Deixo claro que por muitas vezes me aproximo do ensino de ciências, pois está é minha formação, mas tenho o cuidado de tentar expandir os horizontes, buscando ao longo da construção mostrar que todas as áreas, humanas ou exatas, trazem elementos constitutivos dessa racionalidade.

No segundo capítulo, *O Pensamento Complexo*, vejo-me com o enorme desafio de apresentar os fundamentos básicos da teoria da complexidade, suas características, princípios e os operadores cognitivos que colaboram na elaboração do pensamento complexo. Fundado em Edgar Morin, Nicolescu e alguns de seus comentadores, o capítulo expõe os principais elementos, alguns conceitos e discussões, de modo que como nos ensina Morin, num contínuo processo comparativo busco apresentar os elementos marcantes do pensamento moderno e dialogar com as ideias do pensamento complexo, pois, como demarca o título da obra, segue objetivando a formação de pensamentos múltiplos e paralelos.

No capítulo seguinte, *Os caminhos para a construção de um Pensamento Complexo: A inter e a transdisciplinaridade*, baseia-se nos pressupostos dos níveis de realidade, da complexidade e a lógica do terceiro incluído. Fundados em renomados autores, são trazidas algumas reflexões que garantem um entendimento básico da transdisciplinaridade, seguindo o cuidado de ultrapassar os jargões acadêmicos, inscritos naquilo que Guimarães (2013) tem chamado de Armadilhas Paradigmáticas. Findo tratando da inter-relação entre a transversalidade e a inserção da dimensão ambiental, através do que tenho defendido como questões planetárias.

Já o quarto e último capítulo, intitulado: *As questões Planetárias e a Formação de Professores*, teve como proposta basilar a busca por fundamentos

teóricos suficientes, que a nosso ver coadunam com o objetivo de avançar para elaboração do pensamento complexo. Existem várias formas de abordar as questões planetárias, iniciamos pela *Educação Ambiental*, discutindo a necessidade de superar a perspectiva comportamentalista e individualista, buscando avançar com elementos de perspectiva crítico-transformadora, dissociada das Armadilhas Paradigmáticas, e centrada na visão do educador como um dinamizador.

Na subseção *Ciência, Tecnologia e Sociedade*, apresento as origens do CTS, as colaborações dos movimentos contra culturais e suas denúncias em desfavor da ideia de progresso ilimitado. Discuto os mitos e as visões deformadas da C&T. Passo a abordar o enfoque CTS apontando para a sua importância/objetivo, relacionados com a sua inserção do ensino de ciências e na formação tecnocientífica da sociedade em geral, conduzindo o ensino de ciências aos objetivos da formação para a cidadania.

Ainda no capítulo cinco encontramos a subseção *Química Verde*. Conforme justificado anteriormente, a escolha desta se deve a minha formação inicial e a forte aproximação durante a formação doutoral. Em síntese, esta apresenta um panorama histórico sobre o surgimento da QV, os motivos e as expectativas relacionadas com os 12 Princípios Norteadores, seguido dos Segundos Doze Princípios. Por seguinte, avança numa discussão sobre os limites e as possibilidades da inserção da QV nos cursos de formação inicial, em especial na formação de professores.

Por fim, apresentamos como produto das reflexões para composição do livro, a proposta de intervenção didática na pedagogia do 4Cs: Conhecimento científico; Criticidade (Pensamento complexo), Colaboração e Criatividade. Pensada de modo a superar o modelo tradicional de ensino, marcado por relações dicotômicas: professor x aluno; certo x errado; aprovação x reprovação; conteúdo x avaliação; apresentando fortes elementos da lógica dual e do pensamento moderno. Essa proposta de intervenção se funda na ideia de inserir a lógica do terceiro incluído e assim, inserir a criatividade como mais um aspecto que deve ser fazer presente. Acrescido a isso, procura deslocar o professor para uma condição de dinamizador, e colocar o aluno como a figura central no processo de aprendizagem e desenvolvimento de habilidades e competências de alto nível cognitivo.

Desejo uma leitura produtiva a tod@s!

PENSAMENTO MODERNO: INFLUÊNCIAS EPISTEMOLÓGICAS E PEDAGÓGICAS

Os professores de ciências imaginam que o espírito começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto por ponto. Não levam em conta que o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já constituídos: Não se trata, portanto, de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados na vida cotidiana. (...) Toda cultura científica deve começar por uma catarse intelectual e afetiva. Resta, então, a tarefa mais difícil: colocar a cultura científica em um estado de mobilização permanente, substituir o saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico, dialetizar todas as variáveis experimentais, oferecer enfim à razão razões para evoluir.

(Bachelard, 1996)

A história da Humanidade é marcada por diversos movimentos que acabaram conduzindo as ações humanas ao longo do tempo. Não temos aqui o interesse de enumerá-los de modo cronológico e enciclopédico, mas, para o referido objetivo, devemos destacar um momento fulcral na nossa história, quando ela, a humanidade, assume para si a necessidade de empreender a utilização da razão, de forma nunca antes vista.

Até então, o norte ideológico em voga eram as referências encontradas na Bíblia Sagrada, e a Igreja Católica era a instituição social que centralizava, com toda força, seu poder e sua hegemonia sobre a população. Os *modus operandis* da mesma, ao longo do tempo, acabaram promovendo uma série de insatisfações e inquietações na sociedade. E esta passou a sentir a necessidade de procurar um novo rumo, uma nova direção que não fosse mais ditada pelos rigores das interpretações que eram propagadas pelos formadores da igreja católica. Têm-se início assim, de forma gradativa, um longo processo que buscou estabelecer uma nova conjuntura, que acabará influenciando as

dimensões político, econômico, social, cultural, educacional, etc.; eclodindo da simbiose metamórfica multidimensional, as bases que levariam a humanidade ao processo de estabelecimento de uma nova ordem mundial, a partir dos princípios da utilização da razão como pensamento superior em relação às outras manifestações do pensar.

A era da razão surge por volta de 1700, e traz consigo uma série de mudanças na história da trajetória do homem na terra. Impulsiona a Revolução Científica, que ao estabelecer uma firme relação com o modo capitalista de produção, construiria com o passar do tempo, novos rumos que marcaram a sua história. Fundado numa perspectiva racional, o homem passa a adotar uma postura dominadora, de senhor do universo, iniciando um processo acelerado com vistas a buscar conhecer o funcionamento da natureza, mediante o estabelecimento de leis físicas, por meio da utilização do método experimental e, por fim, procurando combinar esse conhecimento com as técnicas, que eram empreendimentos que também estavam em processo de ascensão, e que juntamente com a incorporação da “produção” se tornaram as palavras de ordem do homem na procura por estabelecer uma vida melhor na terra.

Assim, Japiassu (2007, p. 13) retrata tal contexto:

A secularização (dessacralização, autonomia, laicização ou desencantamento) do mundo e da consciência: a sociedade se organiza fora da dependência religiosa; quanto ao poder, deixa de ser um poder sagrado, britando do alto, para nascer da sociedade. Deixa de ser exercido em nome dos deuses, passando a ser exercido em nome dos homens e fora de toda referência religiosa. A razão, proclama sua independência ou afastamento de metas transcendentais para voltar-se para objetivos imanentes: o religioso perde sua capacidade de estruturar a sociedade, a política e as relações humanas. De modo radical, substitui a preocupação com o outro mundo e a outra vida pela preocupação com esta vida e com este mundo; não mais estabelecendo uma distinção de essência entre corpos naturais e artificiais.

Ao longo do tempo, a combinação encontrada entre a produção do conhecimento científico, por meio da determinação das leis físicas da natureza, e a geração de energia para a utilização de máquinas na manufatura de bens consumo, levaria a humanidade a um estágio marcado por processos de exploração descontrolada dos bens naturais, os quais denominariam como matérias-primas, tendo como base ideológica o crescimento por meio do progresso, alicerce do paradigma moderno, conforme nos esclarece Capra (2012, p. 30):

Esse paradigma compreende um certo número de valores que diferem nitidamente dos da Idade Média; valores que estiveram associados a várias correntes da cultura, entre elas a Revolução Francesa, o Iluminismo e a Revolução Industrial. Incluem a crença de que o método científico é a única abordagem válida do conhecimento; a concepção de universo como um sistema mecânico composto de unidades materiais elementares; a concepção da vida em sociedade

como uma luta competitiva pela existência;
e a crença do progresso material ilimitado
a ser alcançado através do crescimento
econômico e tecnológico.

Segundo Dupas (2006), a era moderna surge com ares de ideias, planos e propostas futuristas, e intolerância em relação aos credos da Renascença, que passaram a ser taxados como antiquados. As descobertas da ciência passaram a ser vistas como marcadores de uma mudança cultural. E nessa época, as ciências econômicas iniciam a ocupação de um locus privilegiado nos ditames do funcionamento da sociedade.

O paradigma moderno se firma nos alicerces de uma racionalidade econômico-instrumental, fundada num projeto mecanicista e desenvolvimentista que estabelece uma relação exploradora e de completa desarmonia com os ritmos dos processos naturais. Sendo essa racionalidade³ adotada, ela passa a servir de base e trampolim para que os fundamentos ideológicos do capitalismo se fortalecessem e acabassem se consolidando, tendo como principais objetivos: obtenção do lucro e exploração da natureza. E esse quadro levaria, anos depois, a um conjunto de situações que findariam numa anunciada “Crise da Civilização” (LEFF, 2010).

A humanidade adota uma pretensa superioridade sobre os demais seres do planeta, e inicia sua dominação da natureza por meio do avanço da ciência e de seus empreendimentos técnicos, firmando as bases para a constituição de uma racionalidade capitalista em torno de uma doutrina fundada em uma cientificidade e em sua eficiência técnica, afastando-se cada vez mais da subjetividade e dos seus valores, levando à superexploração dos recursos e ao desequilíbrio dos ecossistemas naturais (LEFF, 2012).

Essa ideia de natureza servil construiu a relação entre o homem e o ambiente dentro de uma “racionalidade lógica” (TOZONI-REIS, 2008, p. 27), que tem sua origem no paradigma mecanicista moderno, onde os humanos passaram a adotar uma postura de dominadores da natureza, por conta de seu conhecimento científico, findando na consolidação do modelo da racionalidade técnica-instrumental como paradigma dominante, que não só explora de modo destrutivo os recursos naturais, como também explora e domina o próprio homem.

Para entender esta perspectiva, faz-se necessário nos remetermos ao século XVII, principiando com a filosofia propagada por Francis Bacon, o qual propunha a necessidade da experimentação para que o homem pudesse desvendar as leis da natureza. Para ele, as observações minuciosas e sistêmicas dos eventos, levariam o homem a entender como a natureza funciona e, garantindo assim o direito de apropriação e uso da natureza.

³ Leff (2006, p. 245) entende racionalidade, como um sistema de raciocínios, valores, normas e ações que relaciona meios e fins, permite analisar a coerência de um conjunto de processos sociais que intervêm na construção de uma teoria de produção e da organização social fundada nos potenciais da natureza e valores culturais. Outro entendimento mais simplificado, racionalidade são formas de compreensão e atuação no mundo Leff (2010, p. 61).

Bacon propôs o *método empírico indutivo*, que se baseava em uma minuciosa observação atenta e isolada dos fenômenos por meio da sua experimentação, com isso “propôs procedimentos operacionais, metodológicos, técnicos e mesmo epistemológicos que desaguiariam posteriormente na consolidação do método experimental-matemático nas mãos de Galileu, Newton e tantos outros” (SEVERINO, 2006, p. 51). Nesta vertente filosófica, a Ciência passa a ser vista como autoridade absoluta, exercida de maneira neutra, a-social e a-histórica (SANTIN FILHO; TSUKADA; CEDRAN, 2010).

Nesse contexto, Newton e Galileu são vistos como elementos centrais para o movimento denominado Revolução Científica, como aponta Japiassu (2007), sendo eles peças fundamentais no processo de matematização da ciência. Tem-se a partir dessa, uma explicação matemática dos fenômenos naturais, em oposição à explicação não matemática do senso comum. Para Japiassu (2007, p. 73), Newton costumava dizer que “a combinação da racionalidade e do empirismo forma a essência da ciência moderna”.

Quanto a isso, Marsulo e Silva (2005, p. 2) discorrem:

O empirismo partia (parte?) do princípio de que o conhecimento origina-se da realidade como os sentidos a percebem e ajusta-se a essa mesma realidade. Baseia-se na experimentação, validando nela dados mensurados com precisão. Assim, qualquer conhecimento gerado fora da experiência da realidade – crenças, valores – eram julgados como suspeitos.

Do excerto acima, há de se observar e destacar alguns elementos que ainda são marcantes nos dias atuais, tais como as crenças que giram em torno da neutralidade da Ciência e a da superioridade do pensamento científico, pois este é produzido a partir de um método sistêmico para a realização da quantificação das partes – num entendimento de que métodos quantitativos são mais eficazes do que os métodos qualitativos – e assim, subjuga outras formas de pensar, tendo-as como inferiores, em função de as mesmas não possuírem bases científicas sólidas para que se consolidem.

Não obstante, não podemos deixar de apontar a importância da filosofia de Descartes nesse contexto. A produção e circulação do *Discurso sobre o método* (1637) pode ser considerada uma espécie de manifesto constitutivo do pensamento moderno, e do nascente espírito científico. Sua maior novidade não consiste na experiência em si, mas na convicção do caráter matemático da essência mesma da natureza. Contudo, Descartes não se limitou a divulgar a Nova Ciência, suas convicções caminhavam no sentido de colocar o homem na condição de *mestre e possuidor da natureza*, estabelecendo como objetivo um domínio técnico e físico do homem (JAPIASSU, 2007).

O pensamento Cartesiano é uma das formas de pensar que têm fortes influências na sociedade atual. O cartesianismo fundava-se em dois axiomas: 1) a supremacia da razão; 2) a invariabilidade das leis naturais. Segundo o pensamento cartesiano, a aquisição do conhecimento se estabelecia conforme quatro regras: nunca aceitar nada como verdade, a não ser que fosse axiomática; dividir toda a complexidade do que se examina em frações menores possíveis;

conduzir o pensamento sempre numa ordem lógica, do mais simples e fácil para o mais difícil; por fim, raciocinar rigorosamente com base na lógica de uma ciência exata (DUPAS, 2006).

Santos (2008) aponta as contribuições do *cartesianismo* como referencial epistemológico que contribuiu na supervalorização da objetividade e da racionalidade, como também “seguiu a orientação de descontextualização, simplificação e redução, quando o fenômeno é complexo [...] dividindo cada uma das dificuldades em tantas parcelas quantas possíveis e necessárias fossem para melhor resolvê-la” (SANTOS, 2008, p. 72). Esse paradigma tem como uma das suas marcas principais a asseveração das dicotomias: quantitativo x qualitativo; razão x emoção; objetividade x subjetividade; parte x todo.

Assim, podemos elencar, de acordo com Moraes (2004, p. 45), os princípios centrais do paradigma cartesiano-baconiano, e refletir sobre a presença e a circularidade de certas ideias no momento atual, que são: matematização, experimentação e mecanicismo.

- a. A razão tem poderes ilimitados.
- b. A racionalização analítica desfaz a organicidade do mundo, dessacralizando a relação do homem com a natureza e, por esta razão, é apelidado de mecanicismo.
- c. Compete ao ser humano impor essa racionalização mecanicista às realidades exterior e interior.
- d. O progresso, à luz dessa racionalização analítica, passa a significar o domínio inescrupuloso do homem sobre o mundo.

Essa visão descontextualizada e simplificadora vem sendo difundida e propagada, de modo a ter se tornado hegemônica ao longo dos últimos 400 anos (SANTOS, 2008). Além disso, carrega consigo diversos problemas associados ao entendimento da natureza da construção do conhecimento científico, que tem sido enfaticamente discutido nos últimos 70 anos, pois estes entendimentos geraram o que podem ser chamados de visões distorcidas da natureza do conhecimento científico.

Outra corrente filosófica de extrema importância, e que ainda permanece fortemente enraizada nos dias atuais, é o *positivismo*. Considerado um movimento de pensamento europeu, que surgiu em meados do século XIX, em meio a um período de efervescência sociocultural marcado pela multiplicação das cidades, o aumento de produção e da riqueza, a quebra do equilíbrio cidade – campo, o surgimento da revolução industrial e diversos avanços na medicina. Trata-se de um século marcado pelo avanço da Ciência Moderna, que provocou mudanças radicais na sociedade, suscitadas pelas ideias positivistas de Comte (BUENO; FARIAS; FERREIRA, 2012). E tudo isso fez com que as Ciências nascentes ganhassem elevado prestígio social, ao ponto de que a população adquirisse a ideia de que o trabalho científico era capaz de solucionar todos os problemas da humanidade. O nome de maior expressão nesta corrente de pensamento chama-se Augusto Comte. Para ele:

A ciência tem como objetivo, pesquisar as leis que regem os fenômenos: só o conhecimento das leis dos fenômenos, cujo

resultado constante é o de fazer com que possamos prevêê-los, evidentemente pode nos levar, na sua vida ativa, a modificá-las em nosso benefício (COMTE, 1988, *apud*, SILVINO, 2007, p. 280).

Comte viveu em uma época onde a revolução industrial passava por um processo pleno de expansão, e junto com ela as ciências da natureza começavam a gozar de status social nunca antes visto. Foi neste contexto que ele procurou tentar promover uma aproximação entre a filosofia e as ciências. Faz-se importante salientar que para isso, Comte não partiu de um vazio teórico e filosófico, ele recebeu influências de diversos pensadores como Condorcet, que defendia a ideia de que toda e qualquer Ciência precisa se identificar com o que chamava de *Matemática Social*.

Para Comte, a Ciência estava sendo dominada e controlada pelos interesses dos senhores feudais, da aristocracia e do clero, carecendo de objetividade. O raciocínio deveria se basear nos fatos observados e discutidos. Também defendia a sociedade industrial, dizendo que “o que é favorável à indústria o será para o homem” (ISKANDAR; LEAL, 2002, p. 2).

É possível buscar em Comte os princípios positivistas que influenciaram a Ciência tradicional:

- Busca pelas leis que regem fenômenos;
- O fato aparece como supremo e essencial para a elaboração das leis;
- Busca de objetividade;
- Exclusão das explicações metafísicas para o fenômeno;
- A observação e o experimento tornam-se instrumentos para alcançar o conhecimento (SILVINO, 2007, p. 281).

O positivismo Comtiano é uma das manifestações do cientificismo, cujos sinais se detectam no movimento pela incorporação do ensino das ciências já na concepção pansôfica de Comênio – “Ensinar tudo a todos”; no disciplinarismo empirista de Locke, e nas concepções do enciclopedismo iluminista de Durkheim e Herbart. De modo geral, o positivismo procurou dar uma resposta à questão da objetividade nas ciências da sociedade, comparando-as às ciências da natureza. De acordo com o pensamento positivo, “a sociedade é regida por leis naturais e invariáveis independente da vontade e da ação humana” (CARVALHO; CARVALHO, 2000, p. 82).

Quanto à educação, vista como um campo das ciências humanas, Comte enxergava a necessidade de desenvolvê-la com base em critérios científicos rigorosos. O positivismo desenvolve uma visão reducionista de racionalidade, “fetichizando o modelo monólogo das ciências exatas e naturais, e, eliminando da razão e do conhecimento o potencial crítico-emancipativo” (MÜHL, 2008, p. 121). A educação é tida como um modelo de adaptação do indivíduo a realidade social vigente, o estado orgânico e positivo. Ainda segundo Mühl (2008, p. 121), “o positivismo fundamenta o critério de certificação do saber no princípio empirista da certeza sensível, somados à certeza metódica, são as únicas bases possíveis do conhecimento realmente válido”.

As críticas a Ciência Moderna fundamentam-se como funcionalmente implicadas não só na dominação da natureza, como também do homem. Têm sua gênese nas teorias desenvolvidas na Escola de Frankfurt (1924), tendo como alguns de seus principais representantes: Adorno, Horkheimer, Marcuse, Habermas, Benjamin, que começaram a questionar a Ciência a partir “da crítica à natureza de sua alienação ao mesmo tempo sob o capitalismo moderno e o socialismo soviético” (JAPIASSU, 2007, p. 280). Sobressai como tese fundamental:

A Ciência, tal como se desenvolveu com a industrialização da sociedade ocidental, não teve por objetivo garantir a realização do sonho (partilhado por Marx e Engels) de homens vivendo em harmonia com a natureza, mas de controlar e manipular, primeiramente a natureza, em seguida, os homens. Esta dominação se torna visível em todos os níveis: desde a escolha das palavras utilizadas pelos ideólogos da tecnologia para definir suas atividades (a conquista do espaço, a modificação do tempo, a exploração dos recursos naturais, o controle dos cérebros e dos comportamentos), até a realidade das consequências imprevistas desses progressos tecnológicos (JAPIASSU, 2007, p. 280).

Ainda tratando sobre filosofia, educação e influências do positivismo, Mühl (2008), com base em obras de Habermas, uma das referências da Escola de Frankfurt, aponta algumas críticas à filosofia positiva. Dentre elas, aquilo que o frankfurtiano chama de *grande falha do positivismo*, que foi a busca por reduzir o conhecimento e a própria racionalidade à atividade científica e técnica. A nosso ver, na perspectiva de buscar uma teoria universal, e de toda forma generalizante, a filosofia positivista incorre em um erro significativo, que é desconsiderar outras formas de produção do conhecimento. Por fim, coadunamos com as reflexões a seguir, na medida em que estas visualizam como esta forma de pensar influenciou e ainda influencia não só a educação, mas a nossa organização social como um todo.

A tese de neutralidade do método científico positivista é um engodo que serve para transformar a ciência em um instrumental ideológico de grande poder de força na sociedade moderna. Essa postura estende-se ao campo da educação de maneira que o conhecimento científico passa a ser absorvido como uma verdade acabada e inabalável. Sob a orientação da metodologia positivista, todo o procedimento inclusive o pedagógico, se reduz à aplicação de técnicas objetivas de manipulação e controle (MÜHL, 2008, p. 125).

Outro aspecto importante refere-se às críticas às concepções empiristas-indutivistas adotadas, que ocorriam desde o século XVIII, com David Hume, e mais recentemente nas primeiras décadas do século XX, com Bachelard e Popper. Já na década de 60 do referido século, com Kuhn fundando a chamada filosofia contemporânea, ou pós-positivista. Os filósofos então passaram a investigar a natureza do conhecimento científico: como ocorrem as construções

de suas teorias e dos seus conceitos, e partir daí criticaram veementemente as limitações observadas nas concepções empiristas-indutivistas.

Os discursos que fundamentam as organizações sociais, culturais e educacionais se apoiam basicamente nas recomendações cartesianas (SANTOS, 2008). Partindo agora para o viés do campo pedagógico, pode-se observar que os mesmos acabaram sendo apropriados ao longo do tempo, e assim, foram norteados as concepções de professores, autores de livros e, por fim, dos estudantes nos vários níveis de ensino, até os dias atuais. As concepções empiristas-indutivistas surgem apoiadas no empirismo aristotélico⁴, que enfatizava a observação e a experimentação como fonte de conhecimento (ROSA; ROSA, 2010).

As visões indutivistas do método científico, embora tenham sido alvos de críticas por parte de muitos filósofos da Ciência, permanecem fortemente presentes no ensino de ciências (GALIAZZI, *et al.* 2001). A utilização do método científico para orientar a construção do conhecimento parece ser insustentável na Ciência e na educação científica. Pois, segundo Gil-Pérez (1996) (*apud* ROSA; ROSA, 2010, p. 4), “o ensino com orientação epistemológica empirista-indutivista, levou os alunos a compreender o conhecimento científico como verdades inquestionáveis, apresentando uma rigidez e intolerância a opiniões diferentes”. Por outro lado, Santos (2008, p. 72) traz alguns apontamentos diante deste cenário:

A atual estrutura educacional, sedimentada com base em princípios seculares tem levado os docentes a uma prática de ensino insuficiente para uma compreensão significativa do conhecimento, e muitas vezes suas respostas não satisfazem aos alunos que perguntam: “por que tenho que aprender isso?”.

⁴Embora o estudo em tela tenha como pano de fundo os pensamentos filosófico-pedagógicos Idade Moderna, entende-se que se faz necessário este destaque de que o berço nascente do empirismo está em Aristóteles, que postulava serem as sensações o início do processo do conhecimento, admitindo que as primeiras interações do homem com o mundo físico tinham significado e, de certa forma, informavam sobre a realidade concreta (ROSA; ROSA, 2010).

A importância e o prestígio que os professores atribuem a utilização do paradigma moderno deve-se a popularização das ideias progressistas ou desenvolvimentistas no pensamento educacional que descendem de Rousseau, Locke, Pestalozzi, Spencer, Huxley, Dewey, entre outros. A ideia é que qualquer que seja o método de ensino-aprendizagem escolhido, ele deve mobilizar a atividade do aprendiz, em lugar da passividade (BORGES, 2002).

Buscando aproximação entre os fundamentos filosóficos e suas influências no Ensino de Ciências, trazemos um excerto de Giordan (1999), extremamente pertinente às discussões, e que nos permite um processo de reflexão na perspectiva

de entender as tão fortes influências das correntes filosóficas modernas na retórica pedagógica.

As ideias pedagógicas influenciaram e ainda influenciam práticas pedagógicas na área de ensino de ciências, sustentadas pela aplicação do método científico. Saber selecionar e hierarquizar variáveis segundo critérios de pertinência para a compreensão dos fenômenos, controlar e prever seus efeitos sobre os eventos experimentais, encadear logicamente sequências de dados extraídos de experimentos são consideradas na visão positivista competências de extremo valor para a educação científica do aluno (GIORDAN, 1999, p. 45).

Essa concepção acerca do processo de formação de conceitos constitui um dos pilares que sustentam as práticas tradicionais de ensino. Compreende-se que o processo de abstração ocorre em função do acúmulo de percepções sensoriais e de representações e, com isso, o pensamento abstrato seria facilitado para pessoas que possuem maior repertório de experiências sensoriais e representações (COSTA; PASSERINO; ZARO, 2012). Para Praia, Cachapuz e Gil-Pérez (2002), isso representa a má preparação dos professores, e assinalam ainda que se deve também a currículos formativos que apresentam concepções incoerentes e desajustadas, de natureza empirista e indutivista, que se afastam da literatura contemporânea sobre a Ciência e os empreendimentos científicos.

A perspectiva epistemológica quase sempre implícita e algumas vezes explícitas em currículos de ciências é de raiz tendencialmente empirista-indutivista. Podemos afirmar que foi esta a concepção herdada do positivismo e que está implícita em recomendações que se fazem aos alunos: façam observações repetidas, observem com atenção, selecionem as observações importantes. A questão não é, naturalmente, de desvalorizar o papel da observação em ciência ou no ensino das ciências, mas sim de reapreciar o seu papel e estatuto na construção do conhecimento (PRAIA; CACHAPUZ; GIL-PÉREZ, 2002).

O modelo psicológico-pedagógico, com base na transmissão-recepção de conhecimentos científicos, representa mais um dos elementos recorrentes do pensamento moderno. Este tem como característica marcante a passividade do aluno no decorrer do processo. Para o discente é necessário que retenha os conteúdos científicos, de modo que possa reproduzi-los em momentos adequados, previamente estabelecidos pelo professor, e este, por sua vez, espera que o mesmo seja fidedigno em suas respostas. Neste modelo o conteúdo científico se encerra em si mesmo, numa forma mecânica de tratar o conhecimento (SANTOS, 2008).

Para Loureiro (2004), esse modo de pensar se funda na crença de que mudanças individuais nos comportamentos das pessoas são obtidas com transformações de seus padrões de pensamento científico. Para tal efetivação, é imprescindível a aprendizagem de conceitos científicos, mesmo sendo estes estanques, distantes e desconexos da vida diária, prevalecendo está concepção

como dominante entre os professores. Marcada pela ausência de crítica política e da análise estrutural dos problemas que vivenciamos, reduzindo-os a aspectos gestionários e comportamentais.

A fragmentação do conhecimento, que tem como consequências a disciplinarização e a superespecialização, também se mostra marcante no pensamento moderno. Com base no *Princípio da Fragmentação*, suas consequências conduziram a uma organização pedagógica nos moldes da disjunção de pares binários: teoria-prática; parte-todo; exatas-humanas; simples-complexo. Cristalizando a subdivisão do conhecimento em áreas, institutos e departamentos, fomenta um modelo em que cada um busca delimitar as suas fronteiras epistemológicas (SANTOS, 2008).

O PENSAMENTO COMPLEXO



“Existem grandes contradições entre os problemas complexos, globais, interdependentes e planetários e de outra parte, o modo como se trabalha e adquire o conhecimento, de forma fragmentada, parcial e compartimentalizada e este é o grande desafio lançado internacionalmente, no início deste século, ao conhecimento e aos autores principais de sua criação, ordenamento e divulgação e também é um desafio sem precedentes e uma reforma do pensamento”.

(OSPINA, 2000)

A forma de pensar consolidada na modernidade, cujos pilares se fundam na macrofísica de Galileu, Newton, Copérnico, entre outros, passa a ser questionada já no final do século XIX e o início do século XX. As melhorias na precisão das medidas de algumas grandezas, devido à sofisticação de instrumentos, permitiram que a descoberta de um mundo até então pouco conhecido (microscópico) fosse responsável por abalar os tão consolidados fundamentos da física clássica.

O aumento no interesse pelos estudos acerca da estrutura atômica no período acima citado, foi responsável por uma revolução epistemológica nos alicerces da mecânica clássica. As investigações sobre a radiação de um corpo negro, o efeito fotoelétrico, a relatividade de Einstein, a equação de Planck, o efeito Compton, a equação de Schrödinger, a incerteza de Heisenberg, e os postulados de Neils Bohr; entre outros, foram essenciais para dar origem às bases de uma nova física, a mecânica quântica, responsável por lançar a desordem e a incerteza sobre o mundo, tão organizado e previsível, como o esperado pelos fundamentos da física newtoniana.

Os fundamentos da mecânica quântica abalaram as estruturas e os pilares fundamentais do pensamento moderno, que são: *A continuidade* – A equação de Planck confere à energia um comportamento discreto e descontínuo, em oposição ao funcionamento de um corpo material, descrito na física clássica. *A causalidade* – Todo fenômeno físico poderia ser compreendido por um encadeamento contínuo de causas e efeitos. Segundo a macrofísica, à medida que dois corpos se afastam, a intensidade de interação tende a diminuir. Já no mundo quântico, as entidades continuam a interagir, qualquer que seja seu afastamento. Quanto ao *determinismo* – Heisenberg mostrou, sem nenhuma ambiguidade, a impossibilidade de determinar com exatidão a posição e o momento linear de

uma partícula. Cabendo ressaltar que os fótons são ao mesmo tempo corpúsculos e ondas, segundo os postulados de De Broglie (NICOLESCU, 2001). Outro pilar fundamental, que não poderia escapar desse diálogo, é a razão.

No manifesto da transdisciplinaridade, Nicolescu (2001) expressa suas inquietações, ao apontar que a antiga visão da física clássica continua senhora do mundo. Esta, que construiu ao longo dos últimos 200 anos uma visão otimista de mundo, pronto a acolher, nos planos individual e social, regidas pelas ideias de progresso. O autor aponta que as consequências culturais e sociais, como produtos do sucesso da física clássica, são incalculáveis e, por fim, questiona a origem da cegueira, pois os dogmas e ideologias que devastaram o século XX são produtos do pensamento moderno (NICOLESCU, 2001).

O paradigma tradicional, ou newtoniano-cartesiano, levou à fragmentação do conhecimento e a supervalorização da visão racional. A fragmentação atingiu as ciências e, como consequência, também a educação, dividindo o conhecimento em áreas, cursos ou disciplinas. Porém, passaram a surgir alguns desconfortos e conflitos na utilização de padrões de cientificidade e de produção de conhecimento, sendo que a física quântica é um dos entes que provocaram tais turbulências nos até então inabaláveis alicerces desse paradigma (BEHRENS; OLIARI, 2007).

Um mundo repleto de incertezas, contradições, paradoxos, conflitos e desafios passou a apresentar não só as limitações epistemológicas do paradigma tradicional, como também as limitações de ordem pragmáticas, pois os grandes problemas da humanidade não encontram soluções a partir dos fundamentos científicos. É como adverte Nicolescu (2001) ao inferir que um dos graves problemas desse tipo de pensamento é apresentar um único nível de realidade.

Nível de realidade pode ser entendido como um conjunto de sistemas invariantes sob a ação de um número de leis gerais. Para Nicolescu (2001), a realidade apresenta dois significados: *no Pragmático* é aquilo que resiste às nossas experiências, representações, descrições, imagens ou formalizações matemáticas; Já em relação ao significado de caráter *Ontológico*, a importância desse entendimento reside na intensidade em que a natureza participa do ser do mundo. Para tanto, a natureza é uma imensa e inesgotável fonte de desconhecimento que justifica a própria existência da ciência. “A realidade não é apenas uma construção social o consenso de uma coletividade, um acordo intersubjetivo. Ela também tem uma dimensão trans-subjetiva, na medida em que um simples fato experimental pode arruinar a mais bela teoria científica” (NICOLESCU, 2001, p. 7).

O pensamento moderno, devido a características como a objetividade, entre outras, aprisionou todo o mundo em uma só dimensão e em um só nível de realidade, o científico. Com isso, promoveu um afastamento das outras formas de saber, buscando um conhecimento estéril, um saber superior num plano unidimensional, isento de contribuições advindas da sociedade, e com isso, impedindo que outras dimensões, outros níveis de realidade: social, político, econômico, ambiental, etc., contribuíssem mutuamente.

E o que é a complexidade? Num primeiro momento, segundo Morin (2011, p. 13), “a complexidade é um tecido *complexus*, um tecido junto, de constituintes heterogêneas inseparavelmente associadas”. Ampliando a conceituação, o autor

diz ainda que “a complexidade é efetivamente o tecido dos acontecimentos, ações, interações, retroações, determinações, acasos, que constituem nosso mundo fenomênico”. Apresenta-se com traços inquietantes do emaranhado, do inextricável, da desordem, da ambiguidade e da incerteza.

A complexidade é o termo que nos últimos 40 anos tem designado a busca de um paradigma para a promoção da reforma dos modos de pensar, e com isso superar a lógica da redução/simplificação, que domina o conhecimento científico. Emerge da perda da força hegemônica dos princípios da mecânica newtoniana, já no final do século XIX, e passa a questionar algumas categorias até então consolidadas: simplicidade, ordem, regularidade, razão. É uma epistemologia não reducionista e mais abrangente, que visa superar as visões de simplicidade, ordem, regularidade e razão, não por supressão, mas sim por incorporação destas às novas categorias: complexidade, desordem e caos (BOTELHO, 2007), que são fulcrais para as investigações do mundo microscópico.

A complexidade surge em razão de a ciência tornar-se cega em sua incapacidade de controlar, prever e até mesmo conceber seu papel social, e em sua incapacidade de integrar, articular, refletir sobre seus próprios conhecimentos (MORIN, 2011). A Ciência moderna, presa ao seu reducionismo, a um único nível de realidade, o cientificismo, voltada ao progresso, condena outras formas de saber advindas da sociedade, trancafiava-se numa caixa preta e ‘despreza’ ou ‘desconsidera’ outros níveis de realidade em suas várias dimensões, e com isso não consegue dar conta dos vários problemas da humanidade que se espraiam nas diversas direções do globo.

Segundo Morin (2011), a complexidade é uma palavra-problema e não uma palavra-solução. Não tem interesse de ser um paradigma totalitário. Ela surge na necessidade de superar, através da integração, as insuficiências e carências do pensamento simplificador. Nela se faz necessário reconhecer que existem complexidades diferentes umas das outras, e estas podem ser unificadas num complexo dos complexos. “Não se trata de retomar a ambição do pensamento simples, que é a de controlar e dominar o real. Trata-se de exercer um pensamento capaz de lidar com o real, de com ele dialogar e negociar” (MORIN, 2011, p. 6).

A Complexidade tece duras críticas a alguns pilares do pensamento científico moderno, entre eles a ordem, a separabilidade e a razão. Em relação à ordem: No século XIX, Clausius e Carnot contribuem de modo significativo para que deixássemos de ver o universo como um sistema altamente ordenado e definido por leis rígidas de funcionamento mecânico-quantitativo, para reconhecermos um universo material, sujeito a uma série de mudanças qualitativas irreversíveis, como nos mostra os postulados da termodinâmica, através de seus princípios da entropia.

O universo inteiro é um coquetel de ordem, desordem e organização. Estes entes devem conviver baseados na mais intensa perspectiva dialógica. Num universo de pura ordem não haveria inovação, criação ou evolução. Como também num universo de pura desordem, pois não haveria nenhum elemento de estabilidade para que fosse instituída uma organização (MORIN, 2011). E nessa dialogicidade, o próprio Morin (2011, p. 62), através de um exemplo aparentemente tão sutil e simples, mas de sobremaneira completo para o contexto, nos leva a refletir sobre a espantosa ideia do *big bang*: “o universo começa como uma desintegração, e é ao se desintegrar que ele se organiza [...]”

Pode-se dizer que é se desintegrando que o mundo se organiza”. E assim nos mostra a importância de dialogar intensamente com essas categorias.

As críticas não estão centradas em uma lógica exclusiva, onde a desordem exclui a ordem, ou vice-versa. Pelo contrário, se funda na mais legítima ideia de inclusão. A complexidade não se sustenta num paradigma que pretende banir, excluir ou exterminar as várias categorias estabelecidas pelo pensamento moderno, pois assim estaria cometendo os mesmos erros observados quando da iniciativa da instituição do pensamento moderno, com sobressalto para o aspecto de forte campanha de negação dos saberes e práticas sociais da antiguidade. Contudo, de modo contrário, visa superar por integração, as limitações do entendimento de um mundo ordenado, quando apresenta a multidimensionalidade e seus vários níveis de realidade.

Quanto à *separabilidade*, o paradigma físico clássico foi responsável por promover uma série de separações, orientado pelo princípio cartesiano, segundo o qual, para estudar um fenômeno é necessário decompor o máximo possível em elementos simples. E assim, seccionou o objeto do sujeito; as ciências humanas das ciências exatas; o homem da natureza; de modo que o princípio da disjunção reinou em nosso universo. O paradigma simplificador, baseado na disjunção e redução, domina a nossa cultura até hoje (MORIN, 2011). A complexidade não caminha em sentido oposto, mas sim, numa via de reconstrução e em uma reformulação nas formas de ser e de empreender os conhecimentos científicos. Situa-se num ponto de partida para uma ação mais rica, completa, menos mutiladora, e um processo conjuntivo. O pensamento simples e reducionista resolve problemas simples, mas não consegue atender às demandas dos atuais problemas da humanidade, que são complexos por natureza, devido ao estabelecimento de relações intrincadas, que não reconhecem limites geográficos, e que não respeitam as particularidades e individualidades.

Para Morin (2011), o conhecimento simples foi por muito tempo, e ainda continua sendo concebido mediante a missão de dissipar ao máximo a aparente complexidade dos fenômenos, a fim de relevar a ordem simples a qual eles obedecem, mutilando mais do que revelando a realidade, produzindo mais cegueira do que elucidação. Segundo Botelho (2007), a física quântica, assentada na incerteza de Heisenberg, postula sobre a ação (interferência) do observador no processo de observação. Para ele, o pensar complexo “não substitui a separabilidade pela inseparabilidade, mas chama, uma vez mais, uma dialógica que utiliza o separável, mas o insere no inseparável” (BOTELHO, 2007, p. 117).

Outro pilar a ser destacado, e passível de severas críticas por buscar de modo totalizador e totalitário encerrar em si todas as formas de pensar, é a razão. Não que em períodos pretéritos à modernidade não se fosse advogado o uso da razão, pelo contrário, mas se faz necessário fazer uma autocrítica às ideias de razão, pois esta é necessária para a compreensão do pensamento complexo, podendo ser classificada como uma categoria analítica chave para estudar, em profundidade, os vários níveis de realidade.

O pensamento moderno advoga para si a possibilidade de utilização da razão científica e instrumental como base do seu projeto rumo ao progresso. No século XIX a razão não é mais algo coerente, e não mais se preocupa com as relações entre homem e mundo, “ela é capturada pela necessidade da produção e se

torna um instrumento tecnocrático. A razão torna-se instrumental e passa ao entendimento limitado na realidade” (BOTELHO, 2007, p. 124).

A razão torna-se a racionalização. De acordo com Morin (2011), racionalidade é jogo, é o diálogo incessante entre nossas mentes, que criam estruturas lógicas, com as quais dialogamos com mundo. Leff (2006), num profundo diálogo com Morin (2011), entende a racionalidade como as formas de compreensão e atuação no mundo. E a racionalização? Esta consiste em querer prender a realidade num sistema coerente. A ideia de racionalização descreve o processo pelo qual a natureza, a sociedade e a ação individual são crescentemente enquadradas por uma orientação voltada para o planejamento, o procedimento e ação racional (WEBER, 2004).

O contrário da racionalidade é a racionalização. Enquanto a primeira é aberta e inacabada, a segunda é uma razão fechada, e com aspectos de pronta. Sendo insuficiente para o diálogo, à medida em que visa aprisionar a realidade num sistema coerente, sendo este caracterizado pela razão instrumental, que é unidimensional e fragmentada. A racionalização busca reduzir a realidade a seus parâmetros, e os explicar dentro de seu horizonte. Pretende então entender e explicar o mundo reduzindo-o ao seu horizonte conceitual (BOTELHO, 2007).

O pensamento complexo inaugurou novas abordagens para entender a articulação dos processos materiais, para além dos limites de compreensão que nos oferecem os paradigmas científicos e a razão instrumental (unidimensional), incorporando questões axiológicas ao saber, e internalizando as possibilidades de riscos e incertezas (multidimensionais). Nos oferece uma via heurística para analisar processos inter-relacionados que determinam as mudanças socioambientais. Manifesta a impossibilidade da unidade da ciência, da ideia absoluta, do dogma, de todo tipo e forma de pensamento hegemônico e homegeneizante (LEFF, 2010).

A complexidade desborda a visão cibernética de uma realidade que se estrutura e evolui através de um conjunto de inter-relações e retroalimentações, como um processo que vai da auto-organização da matéria à ecologização do pensamento. A complexidade não passa pelo simples acoplamento, reconhecimento ou incorporação da incerteza, do caos e da probabilidade de ordem da natureza. Ao contrário, ela se sustenta em uma forma de pensar que busca romper com as várias dicotomias, e reconhece, a partir do diálogo, as possibilidades do real e a possibilidade de incorporar valores e identidades do ser (LEFF, 2010).

A relação entre o mundo contemporâneo (industrializado) e a crise no ensino de ciências está vinculada aos modelos de ensino adotados. Um ensino geralmente denominado de tradicional, que supervaloriza os conteúdos, tem o professor como figura central, com excessiva fragmentação do conteúdo, num modelo psicopedagógico baseado na transmissão-recepção dos conteúdos científicos com ênfase em processos memorísticos e mecanicistas de aprendizagem. Preso a uma só dimensão (científica) e a um conjunto de várias dualidades: teoria x prática; exatas x humanas; razão x emoção; objetividade x subjetividade; ensino x aprendizagem. Todos esses elementos caracterizam o pensamento cartesiano, um pensamento linear.

O modelo mental cartesiano é indispensável para resolver problemas humanos mecânicos, privilegiados pelas ciências ditas exatas e pela tecnologia, mas é

insuficiente para resolver os problemas humanos, que são multidimensionais. O raciocínio linear aumenta a produtividade industrial por meio da sofisticação da automação, mas não tem conseguido resolver os problemas do desemprego e da exclusão social (MARIOTTI, 2000) que por ele são gerados, pois tratam de questões multidimensionais, que envolvem vários níveis de realidade, tais como a econômica, ambiental, social.

Na lógica linear, o fenômeno educativo está basicamente associado a uma só dimensão, a metodológica, ou seja, o intuito acerca de como criar estratégias para uma transmissão mais eficiente dos conteúdos. Unidimensional, com preocupações excessivas para apenas um nível de realidade, que é o ensino. Reduzindo fenômenos educativos a processos marcados por lógicas rotineiras, tecnocráticas, burocráticas e disciplinares, atitudes simplificadoras e antieducativas, desconsiderando a complexidade dos fenômenos que envolvem as dimensões ontológicas, empíricas, axiológicas, como também epistemológicas e metodológicas (BATALLOSO, 2014).

Segundo Machado, Nascimento e Leite (2014), no contexto das sociedades atuais ainda é possível perceber as limitações do modelo cartesiano, do pensamento linear e do pragmatismo determinista, pois este paradigma não consegue explicar as aceleradas transformações pelas quais passa a sociedade. Isso se deve a sua unidimensionalidade, ou seja, por não conseguir inter-relacionar outros níveis de realidade. Usando recursos metafóricos, poderíamos dizer que o modelo clássico da física, que sustentou a humanidade, está preso ao plano, enquanto que para buscar ser capaz de suplantear as demandas hodiernas é necessário um pensamento que saia do plano e se estabeleça no espaço.

Nesse sentido, as reflexões que Moraes (2008, p. 121 – 123) apresenta sobre o tema enriquecem o diálogo:

A existência de um nível diferente de realidade está associada a alguma ruptura de lógica, de linguagem, de conceitos ou de princípios [...] Os diferentes níveis de realidade referem-se, portanto, a existência de um mundo macrofísico e de um mundo microfísico regido por leis diferentes, por lógicas diferentes [...] a passagem de um nível de realidade a outro acontece por meio da mudança de um nível de percepção a outro e esta percepção está relacionada às possibilidades de ampliação dos níveis de consciência de cada sujeito.

A docência conservadora advém de uma visão reducionista, com base no modelo psicopedagógico de transmissão-recepção de conteúdos prontos e acabados. Essa visão também contaminou a educação durante a história moderna, e ainda está muito presente nas diversas organizações sociais. As abordagens conservadoras, embasadas na memorização, são ações dentro de uma visão mecanicista do universo. Esta privilegia o adestramento intelectual do aluno, sem levar em consideração a necessidade de formação do homem (FERREIRA; CARPIM; BEHRENS, 2010). Para os autores:

Esse enfoque, baseado na teoria educacional do capital humano, fundamentado no positivismo e caracterizado por modelos educacionais focados na abordagem

tecnicista com modelos preestabelecidos, determinou a ênfase nos instrumentos que subsidiavam o processo de ensino-aprendizagem e apresentou princípios como: a fragmentação do conhecimento, a educação mecanicista, a compartimentalização por disciplinas e a técnica pela técnica (FERREIRA; CARPIM; BEHRENS, 2010, p. 53).

O modelo mental linear-cartesiano, forma a sustentação do empirismo, que postula a existência de um só nível de realidade, que deve ser percebida da mesma forma por todos os homens, desconsiderando suas experiências anteriores, e baseados na mais pura crença na objetividade. Esta forma de pensar é a tradução da lógica aristotélica. Trata-se de uma abordagem necessária (e indispensável) para as práticas mecânicas da vida (MARIOTTI, 2000).

As formações dentro das universidades, bem como nas outras modalidades de ensino, já que os professores tendem a reproduzir aquilo que aprenderam, vêm sendo realizadas num quadro de especialização e crescente segmentação do conhecimento, nas mais diversas áreas. Esta prática de ensino inclina-se a promover uma intensificação na postura de pensamento reducionista, linear, fragmento e afunilante nas mentes dos estudantes, em desfavor de uma visão complexa, como propõe Morin (2011, p. 6 – 7):

Enquanto o pensamento simplificador desintegra a complexidade do real, o pensamento complexo integra o máximo possível os modos simplificadores de pensar, mas recusa as consequências mutiladoras, reducionistas, unidimensionais e finalmente ofuscantes de uma simplificação que se considera reflexo do que há de real na realidade [...] O pensamento complexo também é animado por uma tensão permanente entre a aspiração a um saber não fragmentado, não compartimentado, não redutor e o reconhecimento do inacabado e da incompletude de qualquer conhecimento.

Diferentemente do pensamento simplificador, que identifica a lógica ao pensamento, o pensamento complexo a governa evitando a fragmentação e a desarticulação dos conhecimentos adquiridos. Não é uma nova lógica, essa forma de pensar rompe a ditadura do paradigma da simplificação. Faz-se necessário quando nos deparamos com a necessidade de articular, relacionar e contextualizar. Pensar de forma complexa é pertinente quando se tem a necessidade de pensar (MORIN; CIURUNA; MOTTA, 2003).

Morin e Kern (1995) apresentam algumas características do pensamento complexo:

- um pensamento radical (que busca a raiz dos problemas);
- um pensamento multidimensional;
- um pensamento sistêmico, que conceba a relação entre o todo e a parte (princípio hologramático);
- um pensamento ecologizado, que ao invés de isolar o objeto de estudo, o considere em sua relação de auto-eco-organização com seu ambiente – cultural, social, econômico, político e natural;

- um pensamento que reconheça seu inacabamento, e negocie a incerteza, sobretudo da ação, pois só há ação no incerto.

Segundo Mariotti (2000), o pensamento complexo resulta da complementariedade das visões linear e sistêmica do mundo, num processo não excludente, mas sinérgico. Sendo que essa forma de abrangência possibilita a elaboração de saberes e práticas que permitam entender a complexidade dos sistemas. Com base em Mariotti (2000, p. 4 – 5), apontaremos princípios e benefícios do pensamento complexo:

a) Alguns princípios do pensamento complexo

- Tudo está ligado a tudo.
- O mundo natural é constituído de opostos, ao mesmo tempo antagônicos e complementares.
- Toda ação implica um feedback.
- Todo feedback resulta em novas ações.
- Vivemos círculos sistêmicos e dinâmicos de feedback, e não em linhas estáticas de causa – efeito imediato.
- Devemos ter responsabilidade em tudo que influenciemos.
- O feedback pode surgir bem longe da ação inicial, em termos de tempo e espaço.
- Todo sistema reage segundo a sua estrutura.
- A estrutura de um sistema muda continuamente, mas não a sua organização.
- Os resultados nem sempre são proporcionais aos esforços iniciais.
- Os sistemas funcionam melhor por meio de suas ligações mais frágeis.
- Uma parte só pode ser definida como tal, em relação a um todo.
- Nunca se pode fazer uma coisa isolada.
- Não há fenômenos de causa única no mundo natural.
- As propriedades emergentes de um sistema não são redutíveis aos seus componentes.
- É impossível pensar num sistema sem pensar em seu contexto (seu ambiente).
- Os sistemas não são isolados.
- Os sistemas não podem ser reduzidos aos sistemas, e vice-versa.

b) Alguns benefícios do pensamento complexo:

- Facilita a percepção de que a maioria das situações segue determinados padrões.
- Facilita a percepção de que é possível diagnosticar esses padrões (ou arquétipos sistêmicos ou modelos estruturais), e assim intervir para modificá-los (no plano individual, no trabalho e em outras circunstâncias).
- Facilita o desenvolvimento de melhores estratégias de pensamento.
- Permite não apenas entender melhor e mais rapidamente as situações, mas também ter a possibilidade de mudar a forma de pensar que levou a elas.
- Permite aperfeiçoar as comunicações e as relações interpessoais.

- Permite perceber e entender situações com mais clareza, extensão e profundidade.
- Por isso, aumenta a capacidade de tomar decisões de grande amplitude e longo prazo.

c) O que se aprende por meio do pensamento complexo:

- Que pequenas ações podem levar a grandes resultados (efeito borboleta).
- Que nem sempre aprendemos pela experiência.
- Que só podemos nos autoconhecer com a ajuda dos outros.
- Que soluções imediatistas podem provocar problemas ainda maiores do que aqueles que estamos tentando resolver.
- Que não existem fenômenos de causa única.
- Que toda ação produz efeitos colaterais.
- Que soluções aparentemente óbvias causam mais mal do que bem.
- Que é possível (e necessário) pensar em termos de conexões, e não de eventos isolados.
- Que os melhores resultados vêm da conversação e do respeito à diversidade de opiniões, e não do dogmatismo e da unidimensionalidade.
- Que o imediatismo e a inflexibilidade são os primeiros passos para o subdesenvolvimento, seja ele pessoal, grupal ou cultural.

O pensamento linear é fragmentado, isolado e unidimensional, sendo a forma de pensar que domina as atividades em sala de aula, baseadas prioritariamente na realização de extensas listas de exercícios que, em sua maioria, privilegiam a aprendizagem mecânica de fatos, informações e fórmulas. De acordo com Santos (2008), essa é uma prática de ensino secular, insuficiente para a compreensão significativa do conhecimento, e cercada por uma falta de significação, levando os alunos a se perguntarem “*por que tenho que aprender isso?*” (SANTOS, 2008, p. 72), ou ainda, *aonde vou utilizar isso no meu dia-a-dia?*

Diferentemente do pensamento simplificador, o pensamento complexo deve conter, por princípio, seu próprio antagonista, e por isso é impossível cristalizá-lo em uma palavra-mestra, a complexidade. Essa forma de arquitetar o pensamento não rejeita o pensamento simplificador, mas reconfigura suas consequências através da crítica a uma modalidade de pensar mutilada, reduzida e que unidimensionaliza a realidade. Esta, “Corrige e ressalta a cegueira de um pensamento simplificador que pretende tornar transparente o vínculo entre pensamento, linguagem e realidade; que postula a ilusão de uma absoluta normalização da realidade de infinitas proporções, silenciosas e abismante” (MORIN; CIURANA; MOTTA, 2003, p. 58).

Mas como avançar e superar este tipo de pensamento? Como reconhecer elementos que façam parte de uma forma de pensar complexa? Essas respostas podem ser obtidas a partir do entendimento sobre os *Operadores Cognitivos*, propostos por Edgar Morin, e tendo o aporte das contribuições de outros pesquisadores, como veremos na sequência. Para Mariotti (2007), os operadores cognitivos facilitam a colocação prática do pensamento complexo. Fazem com que raciocinemos de outro modo. Sua utilização permite estabelecer diálogos

entre o pensamento linear e o sistêmico. São, portanto, operadores de ligação.

Segundo Moraes (2014, p. 215), são instrumentos ou categorias de pensamento que nos ajudam a compreender a complexidade, e a colocar em prática este tipo de pensamento. No nosso entender, os operadores cognitivos são estruturas mentais (simples ou complexas) que permitem articular diversos tipos de informações, conduzindo para uma leitura mais ampla, por nos permitir interpretar a realidade nos seus vários níveis. Ainda em Mariotti (2007, p. 3):

Os operadores são também instrumentos de autoconhecimento: capacitam-nos a pensar, a refletir, a considerar os múltiplos aspectos de uma mesma realidade. Permitem sobretudo a busca e o estabelecimento das ligações entre objetos, fatos, dados ou situações que parecem não ter conexão entre si. Possibilitam que entendamos como as coisas podem influenciar uma às outras e que propriedades ou ideias novas podem surgir dessas interações.

Nesse processo de busca por promover o exercício do pensamento complexo, faz-se necessário reconhecer alguns princípios, ou operadores, que nos permitem organizar o pensamento no caminho da complexidade. O primeiro é o *Dialógico*, aquele que nos permite manter a dualidade no seio da unidade. Associa dois termos, que são antagônicos, porém complementares. Por exemplo, a ordem e a desordem são dois inimigos, um suprime o outro, mas ao mesmo tempo, em certos casos eles colaboram e produzem organização e complexidade (MORIN, 2011). Para Mariotti (2007), a palavra dialógica significa que há contradições que não se resolvem. Uma persistente tensão antagônica. Observa-se que nem sempre é possível, e tampouco necessário, resolver todas as contradições. Faz-se suficiente saber lidar e conviver com elas. “São paradoxais, inerentes à natureza dos sistemas vivos, e tentar resolvê-los por eliminação além de inútil seria um desperdício de energia mental [...] O operador dialógico procura trabalhar com posições opostas ou inconciliáveis sem tentar negá-las ou racionalizá-las” (MARIOTTI, 2007, p. 10).

Contextualizando o operador dialógico, podemos exemplificar o caso dos problemas ambientais. É unidimensional e linear, pensar que esses problemas se encerram na redução da qualidade dos serviços ambientais, devido à poluição da água, do solo, do ar, extinção de espécies animais e vegetais. É tratá-los dentro de uma categoria analítica biológica, quando não são. Os problemas ambientais representam uma categoria de análise sociológica, pois eles compõem um grupo de externalidades que se originaram a partir da organização social moderna, com base nos modos de produção capitalista. Em outras palavras, ampliando os níveis de realidade envolvidos, veremos que mais algumas categorias fazem parte desse contexto, e que todas dialogam intensamente quando se busca entender as questões planetárias atuais.

Para Santos (2008), este princípio se sustenta na oposição à dicotomia dos binários, superando os vários dualismos criados com o pensamento linear, pois essa forma de pensar tem levado às mais diversas incompreensões do processo de ensino e aprendizagem, devido a sua unilateralidade. Uma materialização desse tipo de pensar refere-se ao fato de que as disciplinas científicas, já tão

atomizadas, ainda conseguem se separar em teóricas e práticas. Contra essas e outras formas de pensar, é que o pensamento complexo caminha no sentido em que se propõe uma forma de lidar com os fenômenos sem excluir nenhum aspecto, exercendo uma razão que opere em termos sistêmicos e dialógicos (BOTELHO, 2007).

O segundo princípio é a ***Recursão Organizacional ou Princípio do Circuito recursivo***. Trata-se de um processo recursivo no qual os produtos e os efeitos são ao mesmo tempo causas e produtores do que os produz. “A ideia recursiva é uma forma de pensar em ruptura com a ideia linear de causa/efeito, de produto/ produtor, de estrutura/superestrutura, já que tudo o que é produzido volta-se sobre o que o produz num ciclo ele mesmo auto organizado” (MORIN, 2011, p. 74). Ela inclui a dependência da relação ao meio externo, o que implica numa relação íntima entre o homem e o ecossistema, gerando auto-eco-organização (BOTELHO, 2007).

A ação do sujeito repercute de forma não controlável e não previsível no meio ou no sistema do qual ele faz parte. Essa reverberação não só atinge o meio, bem como o(s) sujeito(s) que nem sempre foram os responsáveis pela ação. De forma recursiva e retroativa, indicando-nos de que a realidade e os eventos que nela se apresentam nem sempre são passíveis de serem controlados (MACHADO; NASCIMENTO; LEITE, 2014). Como exemplo podemos citar o caso da utilização dos gases refrigerantes CFCs, que com a revelação da depleção da camada de ozônio passaram a ser substituídos pelos HFCs, sendo que estes, em breve espaço de tempo já tinham seus efeitos deletérios denunciados. Nessa passagem, devemos trazer uma importante reflexão de Zuin (2008) quando trata do pensamento arrogante do homem.

Acreditar que a criação de novas moléculas inofensivas seja possível, que tenham um destino completamente previsto (com relação a sua degradação e combinação a outros materiais), confere às(aos) químicas(os) uma condição mítica, de criador(a) da matéria, o que significa no mínimo, desconsiderar a complexidade dos sistemas ambientais e ignorar que conhecemos apenas e tão somente, em alguma extensão, os dados toxicológicos, ecológicos, estabilidade de poucas substâncias, obtidos principalmente em condições controladas de laboratório, onde vários parâmetros são fixados (ZUIN, 2008, sem paginação).

As atividades de pesquisa muitas vezes se fundam nos procedimentos de tentativa e erro, sob o controle rigoroso das possíveis variáveis. Assim, observa-se como o sistema se comporta, numa perspectiva reducionista e idealizada. Porém, no ambiente complexo, além das ações de temperatura e pressão, pode-se observar a ação da radiação ultravioleta, de microrganismos, todos interagindo ao mesmo tempo e, entre outros fatores, podendo influenciar na degradação das substâncias, ou seja, mostrando que a ação depende das condições peculiares do ambiente.

O princípio da recursividade está baseado na aleatoriedade, desordem e ordem, imprevisibilidade, certezas e incertezas. Toda ação está sujeita ao determinismo, mas também ao acaso, como nos aponta Morin (2011). É nesse processo contínuo, ininterrupto como um turbilhão que ao mesmo tempo

é produto e produtor, fazem parte os elementos constituintes do princípio da recursividade organizacional. E esse movimento recursivo e retroalimentativo favorece a construção para a tomada de decisão.

O princípio **Hologramático** representa um dos principais operadores cognitivos. Como num holograma físico, o menor ponto da imagem contém a totalidade das informações do objeto representado. Não apenas a parte está no todo, mas o todo está na parte, pois a soma das partes é maior ou menor que o todo, na medida em que as partes estabelecem inter-relações (MORIN, 2011).

Quanto a este princípio, Mariotti (2007) nos traz o perspicaz exemplo das ligas metálicas, que acabam por apresentar propriedades que não existem em cada um dos metais que as constituem. O ouro, por exemplo, tem aspecto dourado como uma das características marcantes, mas ao promover a adição de determinadas quantidades de algum elemento, como manganês, prata, paládio e até mesmo ródio; além de conferir uma nova coloração, tem-se aumentada a tenacidade da peça.

Segundo Morin (2011), o efeito hologramático pode ser visto no mundo biológico, como por exemplo, nas células do nosso corpo, e também no mundo social, com base no princípio de que a ninguém é permitido ignorar as leis, para ele, isso marca a presença forte do todo social sobre cada indivíduo. E assim a ideia do holograma vai além do reducionismo, exclusivamente interessado com as partes, e do holismo que não enxerga nada além do todo. Por fim, o autor faz um movimento no qual permite interligar os seus vários operadores, onde pode materializar as bases do pensamento complexo: junção/interligação/conjunção/retroalimentação/desordem.

Na lógica recursiva, sabe-se muito bem que o adquirido no conhecimento das partes volta-se sobre o todo. O que se aprende sobre as qualidades emergentes do todo, tudo que não existe sem organização, volta-se sobre as partes. Então pode-se enriquecer o conhecimento das partes pelo todo e do todo pelas partes, num mesmo movimento produtor de conhecimentos [...] Portanto, a própria ideia hologramática está ligada à ideia recursiva, que está ligada, em parte, à ideia dialógica (MORIN, 2011, p. 75).

Mas para reformar o pensamento também é necessário reformar o ensino. Como afirma Morin (2003), a reforma do ensino deve ter como finalidade a preparação de cabeças bem-feitas e não bem cheias (este é sem dúvida um dos principais objetivos do ensino atual). E nesse sentido, ao tratar de reformas, torna-se central uma questão Marxista quando interroga: “Quem educará os educadores?”, que é trazida em vários momentos por Morin (2003; 2007); Morin, Ciurana e Motta (2003).

Atualmente os problemas da educação tendem a ser reduzidos a discussões em termos quantitativos, maior ou menor quantidade de créditos, aumento ou redução de cargas horárias; mais ou menos rigidez; ampliação ou redução de matérias programadas. Contudo, esses tipos de modificações não passam de reforminhas que camuflam ainda mais a necessidade de reformar o pensamento (MORIN, 2003). Ainda segundo Morin (2003), as mentes, em sua maioria, são formadas segundo o modelo da especialização fechada, e assim, a possibilidade de um conhecimento para além da especialização parece-lhes insensata. Além

disso, esses especialistas vivem de ideias globais e gerais, porém arbitrárias, nunca criticadas e nunca refletidas.

E assim, utilizando-se de elementos do princípio *círculo recursivo*, ele nos traz um grande impasse: “*não se pode reformar a instituição sem uma prévia reforma das mentes, mas não se podem reformar as mentes sem uma prévia reforma das instituições*” (MORIN, 2003, p. 99). Essa reforma incluiria uma reorganização geral para a instauração de faculdades, departamentos ou institutos destinados às ciências, sendo necessária uma união multidisciplinar em torno de um núcleo organizador sistêmico.

Nossa Universidade atual forma, pelo mundo afora, uma proporção demasiado grande de especialistas em disciplinas predeterminadas, portanto artificialmente delimitadas, enquanto uma grande parte das atividades sociais, como o próprio desenvolvimento da ciência, exige homens capazes de um ângulo de visão muito mais amplo e, ao mesmo tempo, de um enfoque dos problemas em profundidade, além de novos progressos que transgridam as fronteiras históricas das disciplinas (LICINEROWICZ, *apud*. MORIN, 2003. p. 13).

Um possível caminho para esta demanda seria as universidades instituírem a criação de um dízimo epistemológico ou transdisciplinar⁵, que obrigaria que pelo menos 10% dos cursos fossem voltados para um ensino comum, orientado para os pressupostos de diferentes saberes, e para as possibilidades de estabelecer elos comunicantes. Seriam estes, dispositivos que buscassem interligar as ciências antropológicas com as ciências da natureza, onde cada universidade poderia constituir um centro de pesquisas sobre problemas da complexidade e de transdisciplinaridade, bem como oficinas destinadas às problemáticas complexas e transdisciplinares. Assim, estas poderiam se efetivar a partir das chamadas Jornadas temáticas, como de modo similar às propostas na França, sob a organização de Morin (2003; 2007).

As reformas do ensino e do pensamento constituem um empreendimento histórico. Trata-se de um trabalho que deve ser realizado pelo universo docente, que comporta a formação de formadores e a auto-educação dos educadores (MORIN, 2007). Que suscita um círculo recursivo, de intensa e infinita retroalimentação. A reforma da universidade tem como objetivo principal uma reforma do pensamento que viabilize e permita o total emprego da inteligência. Trata-se de uma reforma que passa pelas formas como construímos o conhecimento e, por esta razão, deve trazer consigo consequências existenciais, éticas e cívicas.

⁵Instrumento esse proposto durante o congresso internacional de Locarno em 1997.

OS CAMINHOS PARA A CONSTRUÇÃO DE UM PENSAMENTO COMPLEXO: A INTER E A TRANSDISCIPLINARIDADE

A transdisciplinaridade é um princípio **epistemo-metodológico** constitutivo dos processos de construção do conhecimento e nos ajuda a superar barreiras disciplinares na tentativa de compreender o que está mais além dos limites estabelecidos ou das fronteiras conhecidas. Um princípio que requer que nosso pensamento vá além dos aspectos cognitivos, baseados no desenvolvimento de competências e habilidades e abarque também o mundo emocional, intuitivo e espiritual do sujeito, para que o processo educacional possa verdadeiramente ecoar na subjetividade dos educandos e promover a evolução de sua consciência.

(Nicolescu, 2001)

A herança moderna da fragmentação do conhecimento pode ser observada nos mais diversos segmentos sociais, inclusive na organização educacional. A atomização do conhecimento e a superespecialização são características marcantes da disciplinarização, dividindo o conhecimento em áreas, cursos e disciplinas. Estes, por muitas das vezes sequer ocupam os mesmos espaços físicos dentro das instituições de ensino e pesquisa, notando-se tamanha dilaceração dos conhecimentos em áreas e subáreas que pouco se comunicam.

A disciplinarização acaba por aprisionar a realidade no nível unidimensional, o teórico ou o experimental, como muitos acabam rotulando. Mas esta representa uma forma limitada de pensar, diante de tantos conflitos, dilemas, paradoxos e problemas que se acumulam nos dias atuais, como os seguintes exemplos: Será que a fome no mundo se deve à escassez de alimentos? Ou, determinadas doenças tropicais, como a malária, acometem milhares de pessoas por falta remédios? A que se deve tanta violência e tanta guerra no mundo?

Esses e outros problemas não têm suas respostas claras quando analisados do ponto de vista disciplinar, como o caso da fome no mundo, conforme observou-se no fato de que nem mesmo a revolução tecnológica provocada pela revolução

verde no campo contribuiu para que os problemas de fome fossem ao menos minimizados. A realidade é complexa, dinâmica, multidimensional e instável, alicerçada nas contínuas inter-relações existentes entre as dimensões antropológicas, biológicas e físico-químicas.

Assim, para superar as barreiras da atomização do conhecimento, que acabam provocando certa *inteligência cega* (MORIN, 2011), e que são insuficientes para lidar com diversos e complexos, porém interligados problemas da humanidade, faz-se imprescindível uma reforma nos modos de pensar alicerçados no paradigma epistemo-metodológicos da **transdisciplinaridade**.

O Físico Basarab Nicolescu, do Centro Nacional de Pesquisas Científicas da França (CNRS), é considerado mundialmente como uma das principais referências sobre o assunto. Suas pesquisas sobre o tema datam da década de 1970, e estas passam diretamente por questionamentos sobre o processo de declínio da civilização, como também sobre os perigos advindos do crescimento dos conhecimentos, sem precedentes em nossa época, trazendo como exemplo os riscos das armas nucleares. Como este e outros célebres pensadores da atualidade apontam, passamos por uma grave crise nas formas de produção do conhecimento.

Nicolescu (2001) chama a transdisciplinaridade de um novo tipo de conhecimento. De acordo com suas obras, o pensamento clássico não é um absurdo, mas considera seu campo de atuação restrito devido à sua impossibilidade de desvendar os vários níveis de realidade. Sempre busca ressaltar que a disciplinaridade e a transdisciplinaridade não são antagônicas, mas sim complementares. Segundo Nicolescu (2001, p. 11), “o prefixo trans diz respeito àquilo que está ao mesmo tempo entre as disciplinas, através das diferentes disciplinas e além de qualquer disciplina”.

Baseado na nova física e seus pressupostos da mecânica quântica, apresenta: Os Níveis de Realidade, A Complexidade e a Lógica do terceiro incluído como os fundamentos epistemológicos basilares para a construção do paradigma da transdisciplinaridade. A mecânica quântica provocou perturbações na lógica clássica, ao colocar em xeque as evidências de que os pares contraditórios são mutuamente excluídos. Pois, não podemos afirmar ao mesmo tempo a validade de uma coisa e seu oposto: A e não – A. Partindo do princípio de que um *quantum* é simultaneamente onda e partícula, e que no nível micro a contradição clássica de onda e partícula desaparece, afirma Nicolescu (2001, p. 13) que “A maioria das lógicas quânticas modificou o segundo axioma da lógica clássica: o axioma da não-contradição, introduzindo a não-contradição aos vários valores de verdade no lugar daquela do par binário (A – não-A)”.

Mas outras implicações na lógica clássica também podem ser colocadas quando se observa o seu terceiro axioma – o axioma do terceiro excluído. Há um termo T, que é ao mesmo tempo A e não – A, surgindo assim a lógica do *Terceiro Incluído*. “Existe um terceiro termo T que é ao mesmo tempo A e não A” (2001, 1999, p. 14). Se pensarmos a partir dos fundamentos da lógica clássica binária, A e não – A apareceram como os extremos de um cabo de guerra, numa incessante luta contraditória. Como conclusão, temos uma lógica exclusiva e unidimensional, que só pode nos revelar um nível de realidade (sim ou não; sujeito ou objeto; é ou não é; na educação o certo ou errado; aprovado ou reprovado).

Porém, se pensarmos na possibilidade da dinamicidade advinda da dualidade quântica, segundo Nicolescu (2001), poderíamos associar os três membros da lógica (A, Não – A e T) em um triângulo (Figura 1), no qual um dos ângulos está situado a um nível de realidade e os outros dois a outro nível de realidade.

A lógica do terceiro incluído não abole a lógica do terceiro excluído, ela apenas limita sua área de validade. Está, é por sua vez, válida para situações simples como a circulação de veículos numa estrada, onde cada um segue uma faixa de circulação. Por outro lado, a lógica do terceiro excluído é nociva para sistemas complexos, como o caso dos campos políticos e sociais.

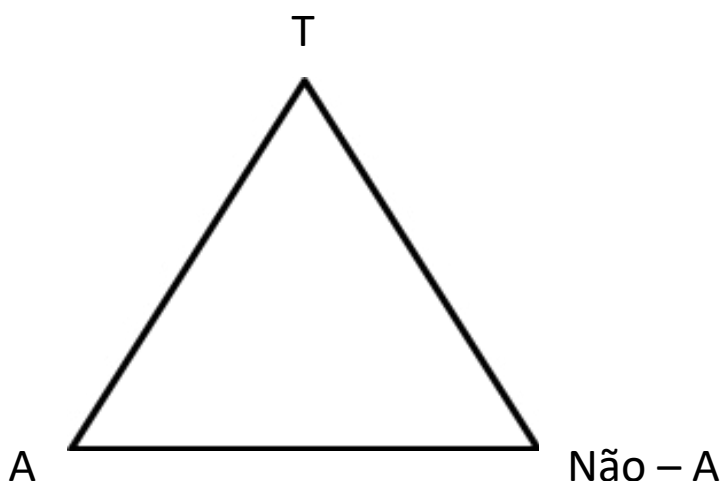


Figura 1 - Figura ilustrativa-representativa da lógica quântica do Terceiro Incluído.

Ainda de acordo com Nicolescu (2001,) o terceiro dinamismo, do estado T, é exercido em um outro nível de realidade, onde aquilo que parece completamente desunido (onda e partícula) está de fato unido num quantum, e aquilo que parece contraditório é percebido como não-contraditório. Um único nível de realidade tem como consequência a produção de oposições antagônicas. Para o pesquisador, ele é por natureza autodestruidor, e um Terceiro termo (T), situado no mesmo nível de realidade que os pontos, não pode realizar a sua função de conciliação.

A lógica do terceiro incluído é não-contraditória, no sentido de que o axioma da não-contradição é perfeitamente respeitado, com a condição de que as noções de “verdadeiro” e “falso” sejam alargadas, de tal modo que as regras de implicação lógica digam respeito não mais a dois termos (A e não – A), mas a três termos (A, não – A e T), coexistindo no mesmo momento de tempo (NICOLESCU, 2001, p. 15).

Para Santos (2008), a lógica quântica do terceiro termo incluído sempre pressupõe o aparecimento de outros elementos, contrapondo-se em qualquer nível de realidade. Tratando-se de um processo que pode ter início, meio, mas nunca tem um fim. Nessa lógica, não há esforços na busca de verdades únicas e absolutas, mas verdades sempre relativas e passíveis de mudanças no tempo. Assim, para a autora, transdisciplinaridade significa transgressão à

lógica da não-contradição, articulando os contrários para além de princípios exclusivos: entre um ou outro; para limites inclusivos e dialogados: sujeito e objeto; subjetividade e objetividade; matéria e consciência; razão e emoção; simplicidade e complexidade; unidade e diversidade.

Na iniciativa de aproximar, ou melhor, de promover um diálogo entre a transdisciplinaridade e a educação, partimos das reflexões de Batalloso (2014) quando alerta para as complexidades dos fenômenos educativos, que além das dimensões epistemológicas e metodológicas, deve incluir as dimensões ontológicas, empíricas e axiológicas, sendo que estas foram menosprezadas pelo pensamento cartesiano, muito voltado para a aquisição do conhecimento, mais preocupado com os modelos de ensino do que com a educação.

A forma moderna de pensar, majoritariamente simplista, acabou por reduzir a educação a preocupações com os aspectos da didática, numa perspectiva apenas instrumental. Fundamentou-se em uma lógica unidimensional, caracterizada pela dualidade entre epistemologia (voltada para a assimilação dos conteúdos científicos) – e metodologia (voltadas para ensinamentos de técnicas de ensino a fim exclusivamente de facilitar os processos de memorização), numa cabal iniciativa de reduzir teoria a método.

E assim, acabou culminando como implicações as reduções dos fenômenos educativos a processos marcados e dirigidos por lógicas rotineiras, meticulosamente programadas em função do tempo, tecnocráticas, burocráticas e disciplinares, centradas num modelo psicopedagógico baseado na transmissão e recepção, com objetivos claros de reprodução do conhecimento que, não somente resulta em um processo simplificador, mas que também pode se converter em algo essencialmente antieducativo (BATALLOSO, 2014).

Na esperança de superação da fragmentação do conhecimento, com vistas às inadvertidas preocupações, como as propostas por Morin e Kern (1995), *Descobrimos, porém, que a ciência também pode produzir ignorância, pois o conhecimento fecha-se na especialização*. Diversas variações da disciplinaridade foram sendo propostas com o passar do tempo, sendo a interdisciplinaridade uma das mais conhecidas. E, tal sua importância, que em nível do Brasil ela é preconizada em vários documentos oficiais, como: Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN), Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), Diretrizes Curriculares Nacionais para Educação Ambiental (DCNEA), Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (OCNEM), entre outros.

Porém, nesse cenário há de se destacar os perigos inscritos com as adoções dos *jargões acadêmicos* (COIMBRA, 2000), onde as pessoas limitam-se à apropriação semântica desses jargões, e assim, delimitam uma zona de conforto, acreditando por muitas das vezes que a rotulagem lhes confere padrões de comportamentos e garantias de qualidade. E com isso, a partir dessas apropriações, podem acabar promovendo certos esvaziamentos, como o que ocorreu com a interdisciplinaridade, como descrito por Silva (2000).

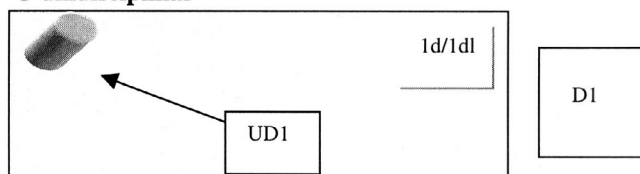
Diante desse cenário, mesmo sabendo que vários pesquisadores já se deram ao trabalho de categorizar as variações das disciplinaridades, achamos ainda sim, interessante trazer à baila essas discussões, tendo como interesse maior, fazer essa breve construção até atingir a transdisciplinaridade. Nos aportamos para

essa empreitada no suporte teórico proposto por Silva (2000), a partir do texto denominado: *O paradigma transdisciplinar: Uma perspectiva metodológica para a Pesquisa Ambiental*.

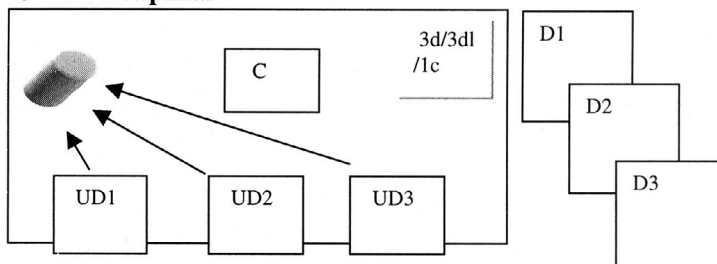
Na figura 2 a seguir, o cilindro representa o resultado da produção do conhecimento; UD significa o universo disciplinar; DL é o domínio linguístico, conceituado como um espaço não material de representação da realidade, no qual os praticantes desse domínio não possuem dificuldades de entendimento ao utilizarem determinadas palavras e seus respectivos conceitos, que podem ser chamados de conceitos-chave para a pesquisa (SILVA, 2000); C representa a coordenação; e D representa o número de textos produzidos.

OS RESULTADOS

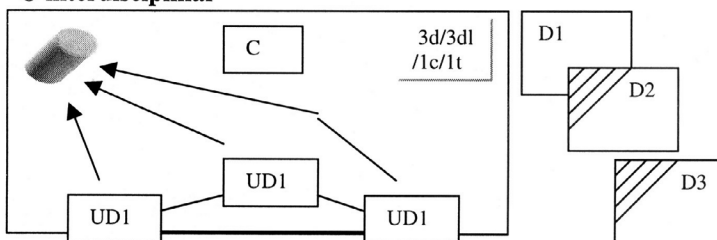
O unidisciplinar



O multidisciplinar



O interdisciplinar



O transdisciplinar

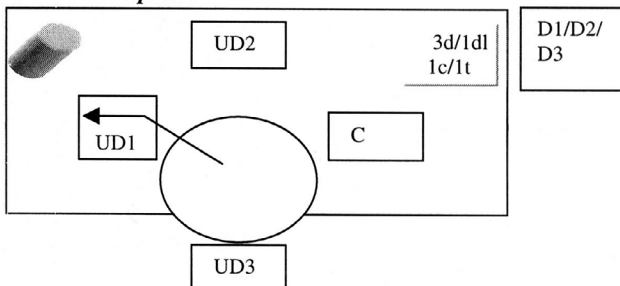


Figura 2 - Os modos de produção do conhecimento (SILVA, 2000, p. 75).

No universo **unidisciplinar** de produção do conhecimento, este é determinado por uma única dimensão da realidade e por um único domínio linguístico, tendo como resultado a produção de um único texto (1d/1dl/D1). Quanto ao universo **multidisciplinar**, o objeto é observado por vários universos (UD1/UD2/UD3 ... UDn), cada um com seus domínios linguísticos, justapostos e orientados pela ação de um coordenador, e C, neste caso temos (3d/3dl/1c,) cujo resultado é a produção de possíveis n textos (D1/D2/D3... Dn), sendo que neste modo de produção existe uma coordenação em comum, mas sem que haja cooperação entre as disciplinas.

Já com relação ao universo **interdisciplinar**, observa-se uma integração dos respectivos domínios linguísticos. A integração é permitida, facilitada e orientada pela existência de uma temática comum a todas as disciplinas, as quais se observa pelo objeto (3d/3dl/1c/1t), tendo três ou mais textos como resultado (D1/D2/D3...Dn). Assim, esse modo de produção exige cooperação e coordenação entre as disciplinas.

Quanto à perspectiva **transdisciplinar**, conforme nos ensina Silva (2000), a mudança basilar se dá na busca pela construção de um único domínio linguístico, “a partir da identificação de zonas de não resistência epistêmica entre as disciplinas, bem como do foco dado pela temática na construção do objeto” (SILVA, 2000, p. 76), (3d/1dl/1c/1t), apresentando como resultado a produção de um único texto, capaz de refletir a multidimensionalidade da realidade, e exigindo da equipe participante cooperação, coordenação e transcendência no objeto de pesquisa.

Segundo Nicolescu (2001), a pluridisciplinaridade diz respeito ao estudo de um objeto de uma única disciplina por várias disciplinas ao mesmo tempo. Essa abordagem ultrapassa as disciplinas, de modo que o objeto sairá enriquecido por conta desse cruzamento, realçando que sua finalidade continua inscrita na estrutura da pesquisa disciplinar. Em relação à interdisciplinaridade, essa é mais ambiciosa do que a primeira por conta da possibilidade da transferência de métodos entre as diversas disciplinas, e a comunhão de domínios linguísticos. Por sua vez, quando comparada a pluri, consegue ultrapassar a produção do conhecimento, mas limita-se por sua finalidade permanecer inscrita na pesquisa disciplinar.

Quanto à transdisciplinaridade, “se interessa pela dinâmica gerada pela ação de vários níveis de realidade ao mesmo tempo” (NICOLESCU, 2001, p. 22). A estrutura descontínua da realidade determina a estrutura descontínua do espaço transdisciplinar, explicando a radical distinção entre os tipos de pesquisa, mas deixando bem claro que esses modos de produção não são antagônicos, e sim complementares. Assim, com base no diálogo aqui posto, podemos entender a transdisciplinaridade como uma aventura sem limites no mundo da produção do conhecimento, mas uma aventura marcada por grandes laços de cooperação e pela integração obtida por meio da coordenação.

Segundo Silva (2000), o raciocínio transdisciplinar considera a possibilidade de uma dialógica da pertinência simultânea, não contraditória entre A e não – A, e entre estes T. Assim, faz-se necessário mais um nível de realidade para um mesmo fenômeno ou objeto. Ainda para Silva (2000), segundo o ponto de vista físico, de modo imediato existem pelo menos dois níveis de realidade: o macrofísico e o quântico.

Para Moraes (2004), a utilização de nossas intuições, de nossos sentimentos

e do imaginário, permite-nos entrar no mundo dos símbolos, dos mitos e da poesia, e com isso transitarmos para outros níveis de realidade. Estes podem traduzir as dimensões interiores e exteriores do sujeito, e até mesmo da sociedade. “Traduzem as dimensões subjetiva, intersubjetiva e a natureza imaginária do ser humano, postulando a passagem de um conhecimento, de um fenômeno para um nível superior de percepção em relação àquilo que era anteriormente” (MORAES, 2004, p. 211).

O reconhecimento da existência de diferentes níveis de realidade oportuniza também uma nova leitura dos conhecimentos antigos, além de uma compreensão mais diversificada do conhecimento de nós mesmos, fazendo com que repensemos a nossa individualidade e a nossa vida coletiva, abrindo espaços para alteridade, para o reconhecimento do outro em seu legítimo outro (MORAES, 2004, p. 211).

As reflexões em torno da transdisciplinaridade explicitam a crítica ao positivismo, à fragmentação do saber, ao dualismo sujeito e objeto, à concepção de educação, de homem e de sociedade. Busca romper com as fronteiras disciplinares, com o intuito de superar a fragmentação do conhecimento, e de construir uma compreensão que organize hologramática e sistematicamente o objeto de investigação. São construídas em um movimento de ruptura com o paradigma dominante e, por meio de uma práxis interativa, valoriza as inter-relações entre teoria, prática e experiência subjetiva do sujeito, buscando promover transformações sociais como produto do reconhecimento e da ampliação dos níveis de conhecimento (SUANNO, 2014).

É notável que o paradigma newtoniano-cartesiano, fragmentado, linear, determinista, com elementos circulantes no seio da nossa sociedade, se apresenta limitado para tencionar e ser capaz de explicar as diversas transformações que ocorreram no mundo, bem como os inúmeros problemas que se manifestam como consequências de sua adoção (MACHADO; NASCIMENTO; LEITE, 2014). O pensamento moderno e seu caráter fragmentador, reduziram a pedagogia a uma lógica meramente instrumental, aprisionando-a nas preocupações didáticas fundadas no dualismo: Conhecimento → Metodologia. Marcado assim por uma busca incessante pela reprodução do conhecimento.

A transdisciplinaridade e seus aportes epistemológicos: a complexidade, a lógica quântica do terceiro incluído e os níveis de realidade; abrem-nos novos horizontes, não mais amarrados à reprodução dos conhecimentos, mas preocupados com a produção do conhecimento e a formação do ser, acreditando na perspectiva da educação como um instrumento de transformação social.

O processo educativo deve ser dinâmico, criativo e jamais acabado. Portando, parece ser contraditório com a lógica linear, unidimensional e cartesiana. A lógica ternária, quando praticada em educação, envolve aspectos curriculares, didáticos e avaliativos. Tem em voga buscar superar os binômios clássicos: aluno versus professor; ensinar versus aprender; certo versus errado; aprovado versus reprovado (MACHADO; NASCIMENTO; LEITE, 2014). Fundamentado na lógica quântica, permite a inclusão do terceiro incluído (T),

que foi historicamente esquecido e suprimido pelo devaneio da pedagogia enciclopedista. Cabe salientar que esse T são as pessoas que se fazem presentes direta ou indiretamente como parte da escola, e que ocupam diversos papéis: professor, aluno, coordenador, reitor, secretários, ministros de Estado, etc.

Morin (2011) nos ensina que uma das formas de exercitar o pensamento complexo se dá através da produção de metáforas. E, nesse ínterim, buscando contribuir com o processo de reforma de pensamento, partindo da lógica do terceiro termo incluído (T), propomos um triângulo representativo das três importantes dimensões da educação (Figura 3): Epistemológica (e suas preocupações para com a produção do conhecimento), Metodológicas (suas preocupações com os métodos de ensino), e incluímos o T, terceiro termo, a dimensão ontológica/axiológica (voltada para a uma reforma do pensamento, com base em fundamentos epistemológicos contemporâneos que passam a questionar a importância, os valores humanos e suas relações com a sociedade).

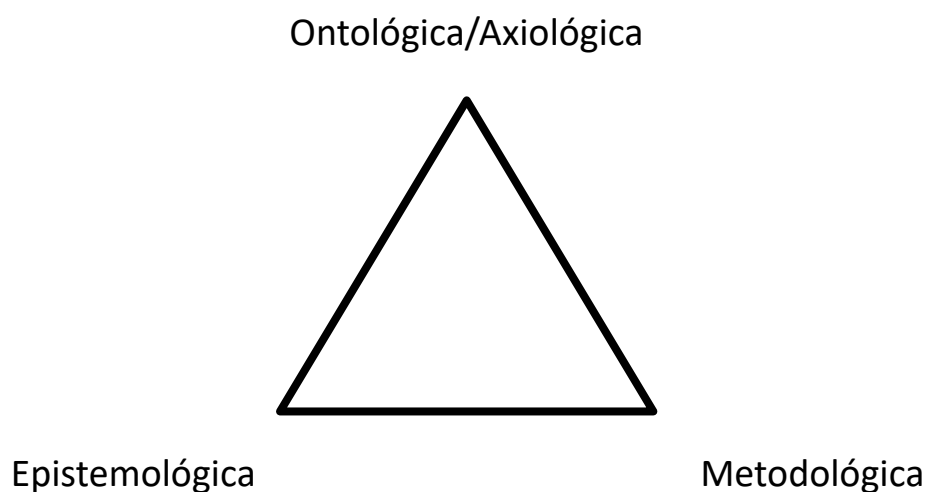


Figura 3 - Representa o triângulo que com base na complexidade e sua lógica do Terceiro incluído busca incluir a dimensão ontológica/axiológica na formação humana.

A lógica quântica, ou do terceiro termo incluído, permite promover a inclusão da dimensão esquecida, que é a formação do ser, em suas perspectivas ontológicas ou axiológicas. Do que adianta educar sem promover transformação? Como transformar se os processos educacionais, nas suas variadas instâncias, estão voltados quase que exclusivamente para a reprodução do conhecimento científico? A lógica quântica permite superar o binômio: conhecimento – método de ensino; e conduzir os estudantes a um processo de transformação.

Celebres e renomados pesquisadores, tais como, Leff, Morin, Boaventura, e outros, apontam para a questão da produção do conhecimento como o cerne das várias questões planetárias. Assim, não faz sentido insistir numa educação reprodutora, alienada e alienante, voltada somente para as demandas do mercado de trabalho. E nesse horizonte, a inserção do terceiro incluído pode agregar aos processos educativos, como dito anteriormente, aquilo que ficou excluído historicamente e que deveria ser o objeto principal

dos processos, que é a formação do ser humano.

Na realidade, precisamos desenvolver um pensamento complexo, que permita ler os diversos níveis de realidade, de modo múltiplo e paralelo, com maior profundidade e abrangência, que possibilita melhor compreender a subjetividade envolvida nos processos de produção do conhecimento, percebendo a interdependência existente entre sistema nervoso, endócrino e imunológico, por exemplo, de modo que possa contribuir de forma efetiva para solucionar os problemas envolvidos com a fome, a violência, a migração e as questões ecológicas (MORAES, 2004).

Aprender a complexidade ambiental implica em um processo de desconstrução e reconstrução do pensamento. A crise ambiental problematiza o pensamento metafísico e a racionalidade científica, abrindo novas vias de transformação do conhecimento, através do diálogo e da hibridização de saberes. No saber ambiental flui a seiva epistêmica que reconstitui as formas do ser e do pensar, para apreender a complexidade (LEFF, 2010).

Mais do que uma crise ecológica, a problemática ambiental diz respeito a um questionamento do pensamento e do entendimento, da ontologia e da epistemologia, através das quais a civilização ocidental tem compreendido o ser, os entes e as coisas. A complexidade ambiental abre uma nova compreensão do mundo, incorporando o limite do conhecimento e da incompletude do ser. Implica necessariamente em saber que a incerteza, o caos e o risco, são ao mesmo tempo efeito da aplicação do conhecimento que pretendia anulá-los, e condição intrínseca do ser e do saber (LEFF, 2010).

A complexidade ambiental inaugura uma nova reflexão sobre a natureza do ser, do saber e do conhecer, sobre a hibridização de conhecimentos na interdisciplinaridade e na transdisciplinaridade; sobre o diálogo de saberes e a inserção da subjetividade, dos valores e dos interesses nas tomadas de decisão e nas estratégias de apropriação da natureza. Mas questiona também as formas pelas quais os valores permeiam o conhecimento do mundo, abrindo um espaço para o encontro entre o racional e o moral, entre a racionalidade formal e a substantiva [...] A complexidade ambiental implica a revolução do pensamento, uma mudança de mentalidade, uma transformação do conhecimento e das práticas educativas, para se construir um novo saber, uma nova racionalidade que orientem a construção de sustentabilidade, de equidade e democracia (LEFF, 2010, p. 195 – 196).

Quanto ao aspecto metodológico, existe um movimento no ensino, em especial no de ciências, que defende a necessidade da superação da fragmentação do conhecimento e de seus arranjos disciplinares. Para Gerhard e Rocha Filho (2012), esse tipo de organização tem sido danoso à educação. Nesse sentido, uma importante contribuição pedagógica pode se efetivar através da inserção das questões planetárias, de modo transversal, na estrutura curricular dos conteúdos tradicionais. Porém esta, por sua vez, deve ser enriquecida com exemplos, práticas, materiais educativos, mídias, atividades extraclasse, entre outros (BERNARDES; PRIETO, 2010).

Nesse íterim, é necessário destacar a importância que dos Parâmetros Curriculares Nacionais (1997) na divulgação e circulação das ideias de transversalidade e temas transversais, ao proporem e justificarem a relevância dos mesmos na superação do pensamento disciplinar, além de ressaltarem a centralidade das questões ambientais:

Os temas transversais têm natureza diferente das áreas convencionais. Sua complexidade faz com que nenhuma das áreas, isoladamente, seja suficiente para abordá-los. Ao contrário, a problemática dos temas transversais atravessa os diferentes campos do conhecimento. Por exemplo, a questão ambiental não é compreensível apenas a partir das contribuições da geografia. Necessita de conhecimentos históricos, das ciências naturais, da sociologia, da democracia, da economia, entre outros (BRASIL, 1997, p. 29).

“Os temas transversais apresentam-se como um conjunto de conteúdos educativos e eixos condutores da atividade escolar que, não estão ligados a nenhuma matéria particular, mas pode-se considerar comum a todas” (BERNARDES; PRIETO, 2010, p. 180). Por conta de seu largo espectro, as questões planetárias, como um dos temas transversais, se estabelecem como um campo de conhecimento aberto, que devido a sua amplitude, nunca estará restrita ou confinada rigorosamente a uma determinada área do conhecimento. Os problemas ambientais são complexos por natureza e representam uma categoria sociológica de análise, como nos ensina Leff (2010). E é por esse e outros motivos que o campo em questão permite e requer o diálogo intenso, em profundidade, e de intensa cooperação entre as várias áreas do conhecimento.

Quanto às relações entre a transversalidade e as questões planetárias, Oliveira (2007, p. 108) nos faz refletir:

A transversalidade da questão ambiental é justificada pelo fato de que seus conteúdos, de caráter tanto conceituais (conceitos, fatos e princípios), como procedimentais (relacionados com os processos de produção e de resignificação dos conhecimentos), e também atitudinais (valores, normas e atitudes), formam campos com determinadas características em comum: não estão configurados como áreas ou disciplinas; podem ser abordados a partir de uma multiplicidade de áreas; estão ligados ao conhecimento adquirido por meio da experiência, com repercussão direta na vida cotidiana; envolvem fundamentalmente procedimentos e atitudes, cuja assimilação deve ser abandonada a longo prazo.

Para Santos (2008), os temas transversais, com vistas aos temas sociais, transgridem as fronteiras epistemológicas de cada disciplina, e possibilitam uma visão mais significativa do conhecimento e da vida. Esses temas recorrem à lógica quântica quando articulam os conhecimentos das diversas disciplinas, e conduzem à compreensão da realidade ascendendo a outro nível, tomando um significado mais abrangente e sempre aberto para novos processos.

Os parágrafos acima nos fazem refletir sobre dois pontos fundamentais, e que

pretendemos argumentar por acreditarmos na sua importância para a educação, que são: a lógica do terceiro incluído e a importância da dimensão atitudinal. Ao considerar essa lógica, faz-se possível analisar criticamente os diversos problemas ou contextos, pois esta pode nos revelar outros níveis de realidade. Ainda com base nesse argumento, nossa preocupação com a inserção do termo T tem por objetivo as transformações dos indivíduos em sua dimensão ontológica/axiológica, e estas, por sua vez, devem ser refletidas em suas atitudes, com a adoção de uma nova racionalidade. Mudanças atitudinais devem estar condicionadas a mudanças epistemológicas.

Outro instrumento que nos serve como orientação metodológica para fundamentar e orientar o desenvolvimento das atividades nas salas de aulas são os chamados “Temas Geradores”. Segundo Tozoni-Reis (2006), os temas geradores não podem ser conteúdos curriculares, abordados do modo como são tratados pela pedagogia tradicional, estruturados nas bases psicopedagógicas de transmissão-recepção. A educação crítica e transformadora exige um movimento dinâmico dos conhecimentos, pois estes devem ser construídos de forma dinâmica, coletiva, cooperativa, interdisciplinar, democrática e participativa, “pois somente assim pode contribuir para o processo de conscientização⁶ dos sujeitos, para uma prática social emancipatória, condição para a construção de sociedades sustentáveis” (TOZONI-REIS, 2006, p. 97).

⁶ Quanto à utilização do termo conscientização, vários críticos apontam-na como um dos objetivos não alcançados pela educação ambiental. Porém, quanto a essa questão, faz-se necessário registrar aqui os alertas propostos pela renomada pesquisadora, segundo ela, a conscientização de certa forma chega a ser banalizada, pois quase todas as propostas educativas ambientais anunciam-na como objetivo. E em muitas das vezes, distantes dos conteúdos político-filosóficos que a explicam. Ou seja, um termo cercado por um mar de insignificação por parte daqueles que a propõem. Ainda para a educadora, a conscientização, tomando como referência a pedagogia freiriana, visa à superação do conhecimento imediato da realidade em busca de sua compreensão mais elaborada, mas refletida. O processo de conscientização tem no ato da ação-reflexão-ação a unidade dialética (TOZONI-REIS, 2006).

As técnicas de ensino devem oportunizar possibilidades metodológicas de problematização do mundo, das ideias e das coisas, são formas metodológicas de promover o questionamento, haja visto pretender a leitura crítica do mundo. O tema gerador é o tema ponto de partida para o processo de construção da descoberta. Por emergirem do saber popular, estes devem ser extraídos das práticas de vida dos educandos, substituindo os conteúdos tradicionais (TOZONI-REIS, 2006).

São temas que servem ao processo de codificação-decodificação e problematização de situações da vida prática. Eles permitem concretizar, metodologicamente, o esforço de compreensão da realidade vivida, para alcançar um nível mais crítico da realidade, mediante a experiência da reflexão coletiva da prática social. “Só são geradores de ação-reflexão-ação se forem carregados de conteúdos sociais e políticos com significado concreto para a vida dos educandos” (TOZONI-REIS, 2006, p. 104).

O processo de conscientização pela educação é a possibilidade de superação da consciência ingênua, em busca da consciência crítica, como continua a nos ensinar Freire *apud* Tozoni-Reis (2006, p. 106):

Enquanto a consciência ingênua é simplista, superficial, saudosista, massificadora, mística, passional, estática, imutável, preconceituosa e sem argumentos a consciência crítica não se satisfaz com aparências, reconhece que a realidade é mutável, substitui explicações mágicas por princípios autênticos de casualidade, está sempre disposta a revisões, repele preconceitos, é inquieta, autêntica, democrática, indagadora e dialógica. [...] Conscientização é, portanto, um processo de construção ativa e refletida dos sujeitos, rumo à consciência crítica, assim, supera a apropriação de conhecimentos, referindo-se à articulação radical entre conhecimento e ação, não qualquer ação, mas uma ação política, transformadora, libertadora e emancipatória.

As questões ambientais podem ser trabalhadas como temas geradores nos processos educativos, porém, para isso devem ser significantes para os envolvidos e ter conteúdo problematizador. Tal colocação significa dizer que os temas geradores devem ser o ponto de partida para uma ampla e profunda discussão sobre a crise do modelo civilizatório que estamos a enfrentar (TOZONI-REIS, 2006).

AS QUESTÕES PLANETÁRIAS E A FORMAÇÃO DE PROFESSORES



Muito falamos hoje nos progressos e nas promessas da engenharia genética que conduziram a uma mutação do homem biológico, algo que ainda é de domínio da história da ciência e da técnica. Pouco, no entanto, se fala das condições hoje também presentes, que possam assegurar uma mutação filosófica do homem, capaz de atribuir um novo sentido à existência de cada pessoa e, também do planeta.
(SANTOS, 2001, p. 174, grifo nosso).

A crise socioambiental é caracterizada por uma nova relação do homem com o meio natural, dentro do funcionamento de uma lógica capitalista, onde a transformação da natureza é submetida aos interesses de acúmulo de capital. E essas relações conflituosas aparecem sob a forma de catástrofes e impactos ambientais exacerbados, as chamadas externalidades do sistema econômico (PITANGA, 2015a). A compreensão de suas causas implica considerar erros históricos que se enraizaram em certezas sobre o mundo, com falsos fundamentos, no intuito de tentar “entender os processos que promoveram a coisificação, objetificação e homogeneização, promovidos por uma racionalidade dominante, fundada em incertezas e alienação, arrastados por processos insustentáveis e incontroláveis de produção” (LEFF, 2010, p. 192).

Estudos sobre Epistemologia Ambiental permitem ampliar as fronteiras dessas discussões para além do ambiente natural ou das relações biofísicas. Vivemos uma crise da civilização e do homem contemporâneo, que está diretamente vinculada às formas de construção do conhecimento do qual se apropriou, e daí começou a estabelecer diferentes relações com a natureza e com os outros homens. Este cenário tem como base a implantação de um sistema capitalista que usufrui desarmonicamente dos recursos naturais, e ideologias fundamentadas pelos sustentáculos teóricos da racionalidade econômico-instrumental.

A Crise ambiental deu origem a um questionamento da racionalidade econômica dominante, assim como das ciências do conhecimento e dos saberes que serviram de suporte teórico e meios instrumentais ao processo civilizatório, caracterizado pelo domínio do homem sobre a natureza (LEFF, 2012).

Fundamenta-se em críticas contundentes aos cânones epistemológicos, sociais, políticos e culturais, enraizados nos sistemas de pensamento e nas formas de organização das modernas sociedades industriais (FARIA; FREITAS, 2008). Essa crise teve como estopim a utilização da energia nuclear para a produção das bombas atômicas, que culminaria no fim da segunda guerra mundial, com a execução sumária de milhares pessoas inocentes transformadas em pó.

Para Boaventura Souza Santos (2003), passamos por um processo de falta de confiança epistemológica, e assim, a racionalidade ambiental emerge da necessidade de promover uma transição de modelo, o qual segundo Kuhn (2011), seria uma mudança paradigmática, um processo transformador necessário para superar o quadro apresentado, assentado na racionalidade econômico-instrumental como modelo hegemônico. Em certa medida parece-nos utópico propor um paradigma que venha de encontro e se sustente em outra direção, buscar uma nova orientação epistemológica, bem como metodológicas.

O modelo proposto sustenta-se na perspectiva de uma análise sociológica do desenvolvimento do conhecimento, da problematização dos paradigmas teóricos e metodológicos, e na possibilidade da construção de uma racionalidade produtiva alternativa. De um paradigma ambiental que se inicia a partir da produção de um processo complexo de reelaboração teórica, metodológica e do desenvolvimento de conhecimentos científicos e tecnológicos, que deem suporte a uma racionalidade social alternativa (LEFF, 2010).

Questiona os alicerces da sociedade moderna, fundados numa racionalidade econômico-instrumental, que codifica e valoriza a natureza simplesmente como produto de consumo, guiados pelas regras do livre comércio, com fins na obtenção de lucros, e sustentados atualmente pelas lógicas de uma política neoliberal ambiental. Enquanto propõe uma revisão completa, a adoção de um pacote de medidas que vai além do campo político, científico e ideológico, para atingir fins sociais, garantindo ao povo o direito democrático da participação na tomada de decisões dos processos de gestão ambiental, o que Leff (2010), chama de Reapropriação Social da Natureza.

Partindo do entendimento de que as questões planetárias são complexas por natureza, que precisam ser analisadas não como uma categoria biofísica, mas sim social, diante do fato de seus problemas serem produtos de uma relação interconectada de várias categorias, como: urbanização, industrialização, economia, modernidade, capitalismo. Tem-se assim como premissa a ideia de que apenas uma área do conhecimento não tem como dar suporte epistemológico para uma possível superação da crise.

Quanto às questões que tratam da formação de professores, é necessário destacar que as visões/concepções epistemológicas dos docentes refletem diretamente em suas práticas pedagógicas. A esse respeito, Mauro Guimarães (2004; 2011; 2013) aponta para aquilo que tem chamado de *Armadilhas Paradigmáticas*, tidas como obstáculos epistemológicos que necessitam ser superados, pois os mesmos provocam limitações compreensivas e incapacidades discursivas de forma redundante. Quanto às limitações e incapacidades, o autor afirma:

Caminho na perspectiva de que a crise ambiental é produto histórico de uma sociedade que constitui paradigmas (e é constituída por eles) que, predominantemente, informam a

compreensão de uma realidade, e, reciprocamente, formam essa realidade, tanto pela ação sobre essa realidade informada por esses paradigmas, quanto pela que reforça esses paradigmas por meio da ação informada por eles. Sendo assim, acredito que, para superar a crise ambiental da atualidade, é necessário superar os paradigmas e o modelo de sociedade com suas múltiplas determinações que reciprocamente se produziram (GUIMARÃES, 2004, p. 120).

Porém, permanece o predomínio de uma visão pragmática, que deve ser vista como entrave, pois tende a priorizar os aspectos técnicos e instrumentais dessa ciência, apresentando fortes elementos da perspectiva reducionista e visões epistemológicas modernas. Estas, inconscientemente induzem os sujeitos, neste contexto específico professores, às Armadilhas Paradigmáticas resultantes de uma leitura de mundo e de um fazer pedagógico atrelados a um único caminho, caracterizado pelos elementos da racionalidade dominante da sociedade moderna. E, em função desta concepção, tendem a desconsiderar o caráter pluriparadigmático da problemática ambiental, como discorre Guimarães (2013, p. 21):

O educador por estar atrelado a uma visão (paradigmática) fragmentária, simplista e reduzida da realidade, manifesta (inconscientemente) uma compreensão limitada da problemática ambiental e que se expressa por uma incapacidade discursiva, que cria amarras para o desenvolvimento de uma visão crítica e complexa do real, refletindo em uma prática pedagógica fragilizada de educação ambiental [...] tende a reproduzir as concepções tradicionais do processo educativo, baseadas nos paradigmas da sociedade moderna, sendo esse um poderoso mecanismo de alienação ideológica e de manutenção da hegemonia.

Ainda em Mauro Guimarães (2004), quanto dialoga com Mauro Grün (1996), observa-se alerta para um sério problema, chamando a atenção para o cuidado necessário com práticas pedagógicas sustentadas por saberes escolares alicerçados nas concepções newton-cartesianas de mundo, pois, segundo os autores, são raras as preocupações, por parte dos professores, a respeito das bases conceituais e epistemológicas sobre as quais desenvolvem enquanto docentes, vistas como consequência direta do norte epistemo-método-pedagógico ainda predominante nos cursos universitários, e que conduzem a graves consequências na educação básica.

Os professores reféns da armadilha paradigmática acabam por manifestar uma visão ingênua da realidade, e as reflete em práticas pedagógicas conservadoras. A visão ingênua, amarrada as armadilhas paradigmáticas, tende a reproduzir práticas educativas consolidadas. Por exemplo, “a educação comportamentalista, que acredita que transmitindo ao indivíduo os conhecimentos (aspectos cognitivos) necessários e ainda provocando nele a sensibilização (aspecto afetivo), o indivíduo pode transformar o seu comportamento incorreto” (GUIMARÃES, 2011, p. 25).

Essas são algumas das consequências resultantes dos processos formativos disciplinares, compartimentalizados em si mesmo, e que não são suficientes diante do desafio que é tratar sobre as questões planetárias. Segundo Machado

(2014), as formações disciplinares apresentam pensamentos lineares e estanques, fazendo-se necessárias formações que considerem uma visão epistemológica contemporânea, com vistas há incentivar o desenvolvimento de pensamentos múltiplos e paralelos, findados num trabalho em equipe onde a palavra de ordem seja ousadia. Este atributo valida-se como necessário para romper os limites epistemológicos fronteiriços que caracterizam o pensamento moderno, nas suas áreas e subáreas das ciências.

Cabe salientar que não se trata de uma tarefa fácil, pois passa diretamente pela necessidade de desconstruir na subjetividade humana, alicerçada em concepções altamente enraizadas nas nossas atitudes. O modelo hegemônico dominante se encarrega/ encarregou, de forma primorosa ao longo do tempo, de incutir certos estilos de vida sem que as pessoas se deem conta do que e por que o fazem. Neste cenário, precisamos de outro norte epistêmico. Um mundo menos objetivado, uniformizado e quantificado, que respeite as culturas e as peculiaridades individuais tradicionais. Um mundo que reconduza os seres humanos para uma nova posição, longe do *ter para ser*, e que nos aproxime de um modelo que trace uma nova conjuntura do *ser para viver* (PITANGA, 2015b).

Segundo Marques *et al.* (2013), diversas são as formas de tratar/abordar as questões ambientais. Com base nas ideias propostas pelos referidos autores, apontaremos algumas delas aqui, por entendermos que estas devem fazer parte da formação de professores, e pelo fato de possivelmente permitirem a superação de entraves provocados pelas armadilhas paradigmáticas, a saber: *Educação Ambiental*, *Química Verde*⁷ e o enfoque *Ciência, Tecnologia e Sociedade*.

A Educação Ambiental⁸

As questões planetárias têm ao longo do tempo garantido lugar de destaque em documentos oficiais produzidos em reuniões de Chefes de Estado, apresentando como reflexos políticas públicas de meio ambiente e desenvolvimento econômico. Para nós, contudo, de maior relevância são as políticas referentes à Educação e, em especial, a Educação Ambiental (EA), como por exemplo, as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental, DCNEA, (BRASIL, 2012).

O referido documento traz um entendimento da EA enquanto dimensão da Educação que busca inter-relacionar os aspectos ambiental, político, social, tecnológico, cultural, cívico; como uma prática crítica, emancipatória e transformadora, preconizando, desde suas primeiras edições, a necessidade de se inserir a EA de modo transversal em todos

⁷ Entendo que a Química Verde se aproxima de modo bem específico das preocupações na formação dos químicos em suas diversas habilidades, porém trago aqui neste texto, devido às preocupações com o curso do qual tenho formação inicial, licenciatura em química, e por essa abordagem compor uma das categorias de análise durante o meu processo de doutorado.

⁸ A base desta subseção emerge das reflexões oriundas do nosso trabalho de Tese em Educação defendido no ano de 2015.

os níveis de ensino (BRASIL, 2012).

A Educação Ambiental é criticada por (ainda) não ter conseguido alcançar a sua perspectiva global educativa crítica, devido à indefinição epistemológico, ética e conceitual e, associado a tudo isso, perdura uma deficiência metodológica que teve como implicações características reducionistas, comportamentalistas e ritualizadas (FREITAS, 2006). Arias (2010) traz alguns apontamentos sobre a tensão entre EA e Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS), tendo como base uma resenha crítica na qual analisa a obra de referência *Educación, Medio Ambiente y Sustentabilidad: Once Lecturas Críticas*⁹. No texto, afirma que a EA é acusada pelos que defendem a EDS, de ser um campo de práticas falido, que não alcançou os objetivos, e tampouco as transformações esperadas. Por conseguinte, foi “incapaz de gerar, nos vários grupos da sociedade, uma mudança na consciência a respeito da proteção e do melhoramento do meio ambiente, com o qual se pretendia reduzir e deter, em alguns casos, os problemas ambientais” (ARIAS, 2010, p. 5).

Desde os anos de 1990, a EA passa por uma contínua e profunda reforma na sua forma de pensar, abandonando um perfil predominantemente conservacionista, e sendo reconhecida não como uma categoria biológica, mas como categoria social. Este é um movimento muito importante e conta com a participação de um universo diverso, que garantiu ao longo do tempo o surgimento de várias adjetivações, o que para Layrargues (2004) representa evidências do refinamento conceitual como produto do amadurecimento desse campo. Nesse conjunto de adjetivações, conceitos, crenças, superstições, racionalidades e práticas que foram criadas/transformadas, Layrargues e Lima (2011); Layrargues (2012) se perceberam na difícil tarefa de traçar um quadro, o qual chamaram de macro-tendências político-pedagógicas relacionadas com a EA.

Os pesquisadores, partindo do entendimento da EA como campo social, “composta por uma diversidade de atores, grupos e instituições sociais que compartilham de um núcleo de valores e normas comuns” (LAYRARGUES; LIMA, 2011, p. 3), desenvolveram suas categorizações.

Para a análise e discussão das categorias EA, tendo o entendimento acima citado como norteador, duas subcategorias foram elencadas para serem trabalhadas. É necessário que os leitores atentem para o fato de existir uma linha tênue que separa uma categoria da outra, e que, por muitas vezes, são encontrados elementos comuns às duas, ou até mais categorias. A primeira, baseada em ideias que caracterizam uma *perspectiva comportamentalista* sobre Educação Ambiental, com implicações em práticas educativas ingênuas

⁹ GONZÁLEZ GAUDIANO, Edgar J. (Coord). *Educación, Medio Ambiente y Sustentabilidad*. México: Siglo XXI, UANI, 2008.

e simplistas, que pouco têm contribuído para a melhoria do cenário de crise socioambiental. E a segunda, com *perspectiva crítica ou transformadora*, é baseada numa concepção holística e complexa do entendimento das inter-relações que desencadearam tal cenário.

E qual o motivo para tantas denominações? Ou adjetivações? Segundo Layrargues (2004), a diversidade de nomenclaturas retrata o momento necessário de ressignificar os sentidos identitários e fundamentais dos diferentes posicionamentos político-pedagógicos. Aspecto que pode evidenciar dois movimentos simultâneos e distintos: 1) um refinamento conceitual como produto do processo de amadurecimento teórico deste campo; 2) um fenômeno da busca pelo estabelecimento de fronteiras identitárias internas e distinção de segmentos de diversas vertentes (LAYRARGUES, 2004).

Assim, quanto às perspectivas selecionadas para as discussões, iniciamos o diálogo a partir da abordagem comportamentalista, fundada na crença de que mudanças individuais nos comportamentos das pessoas, e de seus padrões de pensamento científico, são necessárias e suficientes para a superação da crise socioambiental. Para tal efetivação é imprescindível a aprendizagem de conceitos científicos, mesmo sendo estes estanques, distantes e desconexos da vida diária, sendo está a concepção dominante entre os professores. Marcada pela ausência de crítica política e da análise estrutural dos problemas em que vivemos, reduzindo o “ambiental” a aspectos gestionários e comportamentais (LOUREIRO, 2012a).

Dependendo das ideias, sentimentos e práticas dos professores, esta perspectiva pode conter características comuns que permitem agrupá-las segundo concepções predominantes. Com base no trabalho publicado por Tozoni-Reis (2001), destacaremos duas concepções: natural (comum aos professores de biologia e afins) e a racional (característica dos professores de química e afins). Salienta-se que em nossa ótica as duas estão inseridas na perspectiva comportamentalista.

Na concepção natural, a função da educação é reintegrar o homem à natureza em busca do reencontro de relações harmônicas e equilibradas com o meio natural, num entendimento idílico da natureza. Em contrapartida, na concepção racional cabe à educação preparar intelectual e moralmente os indivíduos para se adaptarem à sociedade organizada pela lógica racional (TOZONI-REIS, 2001; 2008). Ambas são consideradas concepções simplistas, pois não tratam as questões planetárias no seu cerne e em profundidade. Limitadas a um entendimento do meio natural numa concepção biofísica, são consideradas ingênuas, pois se fundam na crença de que mudanças de comportamentos individuais, baseados na capacidade de fazer escolhas, é o caminho necessário para superação das questões planetárias.

Neste íterim, Carvalho (2012) chama a atenção para as discussões que envolvem atitudes e comportamentos individualizados. Segundo a autora, os comportamentos não garantem ações permanentes e estão mais próximos dos objetivos de conscientizar, diferentemente do que acontece quando ocorre a adoção de atitudes, pois estas sim são duradouras e podem ter reflexos e interferências na realidade atual. Nesta mesma linha de raciocínio, Loureiro (2012b, p. 85) afirma que “atitudes são sistema de valores e verdades que o sujeito forma a partir de suas atividades no mundo. Comportamentos são ações objetivas no mundo, o momento final do processo”.

De forma ilustrativa, podemos exemplificar tal diferença citando o fato de que as pessoas possuem o comportamento de respeitar as informações sobre despejar o lixo em coletores adequados para a reciclagem, mas, no entanto, não mudam suas atitudes consumistas de comprar, ou seja, da aquisição utilitarista de bens supérfluos. Idealizando ingenuamente que o somatório de ações individuais será suficiente para provocar as mudanças necessárias. Leite e Rodrigues (2011) o colocam como um pensamento simplista, pois exclui a complexidade do real do seio destas discussões.

A EA é reduzida a uma intervenção educativa, centrada exclusivamente no indivíduo, tomado como unidade atomizada. Assim, há o predomínio de práticas educativas que investem em crianças nas escolas, em ações individuais e comportamentais no âmbito doméstico e privado, de forma a-histórica, apolítica, conteudista, instrumental e normativa (OLIVEIRA; GUIMARÃES, 2012). Trata o ser humano como um ente genérico e abstrato, reduzindo-o à condição de causador e vítima da crise “ambiental”, desconsiderando qualquer recorte social que o condiciona e/ou influencia. Adota uma perspectiva estritamente ecológica da crise e dos problemas ambientais, perdendo de vista as dimensões sociais, políticas e culturais indissociáveis de sua gênese e dinâmica (PITANGA; NEPOMUCENO; ARAÚJO, 2017).

Segundo Oliveira e Guimarães (2012), reforça-se a ênfase na mudança de comportamento individual por meio da quantidade de informações transmitidas aos indivíduos, e de normas ditadas por leis e projetos governamentais. Embora haja o discurso da cidadania e sejam apresentadas questões sociais como parte do debate ambiental, os conflitos oriundos dessa relação ainda não aparecem, ou aparecem de forma consensual. Os problemas socioambientais são entendidos como uma desordem (desarmonia de uma ordem harmônica), uma disfunção de indivíduos equivocados em seus comportamentos. Isso provoca propensão apenas de mudanças comportamentais em prol da atitude de preservar a natureza, sem que isso se dê de forma reflexiva e crítica sobre a crise socioambiental; sendo, portanto, uma tendência de alteração de atitude descontextualizada da realidade socioambiental.

A inserção das pessoas em sua realidade social é um dos objetivos almejados pelas práticas de EA nas perspectivas crítica ou transformadora, enquanto ação estimulante que favorece à participação e ao engajamento comunitário. Porém, criticamos a crença na transferência de conhecimento como entendimento basilar da EA. Não que a aquisição de conhecimento não seja importante, contudo, questiona-se a assertiva de que mudanças no padrão de pensamento do conhecimento científico sejam, em si, responsáveis por transformações sociais. Segundo Loureiro (2004), esta forma de pensar idealiza, hipoteticamente, novos valores, porém, ele destaca a falta de dialética e de complexidade nesse tipo de proposição, sendo elas imprescindíveis ao processo educativo nas sociedades capitalistas contemporâneas.

E qual o equívoco observado em aulas que se propõem a transferir conhecimento? Possivelmente está na convicção de que a transmissão de conceitos e de conteúdos encerra a ideia da capacidade de gerar novas atitudes perante a natureza. Reside ainda no fato de acreditar que as pessoas agem de modo inadequado devido ao desconhecimento e assim, se conhecerem,

passarão a fazer o que é certo de modo imediato (LOUREIRO, 2012b). Loureiro (2012b, p. 87) ainda afirma que, “E assim, esquecem que as pessoas são produtos de suas múltiplas relações que condicionam as nossas ações no mundo para além do que se sabe ou se acredita”. Entendimento que volta a reforçar a necessidade de trazer a tona às amarras provocadas pelas armadilhas paradigmáticas (GUIMARÃES, 2003; 2011; 2013).

A prática educativa que tem como horizonte o despertar de uma nova sensibilidade humana para com a natureza, desenvolvendo-se a lógica do *conhecer para amar, amar para preservar*, orientada pela *conscientização ecológica*, e tendo por base a ciência ecológica. Apoia-se nos princípios da ecologia, na valorização da dimensão afetiva em relação à natureza, atualizada sob as expressões que vinculam EA à *pauta verde*, como biodiversidade, ecoturismo, unidades de conservação e determinados biomas específicos (LAYRARGUES; LIMA, 2011). Sua característica principal é a ênfase na proteção ao mundo natural.

Trata-se da construção do sentimento de pertencimento à natureza (SAUVÉ, 2005) em que são evidentes os discursos e as preocupações com a preservação dos recursos naturais, visando mudar o comportamento do ser humano para *proteger a natureza*. Nessa visão preservacionista, busca-se o conhecimento dos aspectos ecológicos da questão ambiental, enfatizando-se, por exemplo, campanhas em favor da preservação de espécies ameaçadas de extinção (OLIVEIRA, 2012).

Com relação à perspectiva *crítica ou transformadora*, de acordo com Tozoni-Reis (2008, p. 100), nesta a educação ambiental é tida “como um instrumento de apropriação do saber dinâmico sobre o ambiente, em sua dimensão biológica, política e social”. Afasta-se da simplicidade e da ingenuidade das demais, à medida que busca entender a crise socioambiental como uma categoria sociológica de análise. Não investigando as questões ambientais somente como um problema caracterizado pelas limitações físicas do planeta, na condição de fornecedor de matéria-prima e responsável em depurar os resíduos de suas transformações, mas como um processo dinâmico que envolve um conjunto de variáveis interconexas derivadas das categorias: capitalismo/modernidade/industrialismo/urbanização/tecnocracia (LOUREIRO, 2012a).

Para Carvalho (2004), a EA crítica afirma uma ética ambiental balizadora de decisões sociais e orientadora para estilos de vida coletivos, que buscam afastar-se da ideia de que cada sujeito deve fazer sua parte, consoante à crença individualista de que a soma das partes promove as mudanças sociais necessárias. É uma prática educativa que conduz à formação do sujeito humano enquanto ser individual e socialmente situado historicamente. “Contribui para a transformação dos atuais padrões de uso e distribuição dos bens ambientais em direção a formas mais sustentáveis, justas solidárias de vida e de relação com a natureza” (CARVALHO, 2004, p. 21).

Em relação à adjetivação transformadora, esta enfatiza a educação enquanto processo permanente, cotidiano e coletivo pelo qual agimos e refletimos. Baseia-se no sentido de que as certezas são relativas; com crítica e autocritica constante, e a ação política como forma de se estabelecer movimentos emancipatórios e de transformação social (LOUREIRO, 2004). Ainda em Loureiro (2004) ela é vista como um processo de politização e publicização da problemática ambiental para

a transformação da realidade. Voltada para a ação participativa e democrática do exercício cidadão que visa à equidade, solidariedade e, acima de tudo, as mudanças éticas que se fazem necessárias.

A abordagem crítica fundamenta-se na radicalidade da crítica anticapitalista, pautando-se na intencionalidade político-pedagógica de problematizar a realidade e na possibilidade de intervenção que propicie a construção de um projeto societário alternativo (PITANGA, 2016). No seu fundamento epistêmico-político, tem como finalidade a busca por justiça social, não no sentido de justiça distributiva, mas como uma transformação radical nas relações produtoras de mercadorias e na alienação. Trata-se de um entendimento pelo qual o ambiente natural perde seu caráter contemplativo e idealizado, mediante o desejo de harmonia com a natureza, para materializar-se nas relações sociais entre os atores emancipados na natureza, não redutível à precificação e à coisificação (LOUREIRO, 2015).

Sua opção pedagógica se nutre nos fundamentos do pensamento de Paulo Freire, em princípios da Educação Ambiental popular, teorias marxistas e neomarxistas, bem como na teoria crítica, “pregando a necessidade de incluir no debate ambiental a compreensão político-pedagógica dos mecanismos de reprodução social, de que a relação entre o ser humano e a natureza é mediada por relações socioculturais e de classes” (LAYRARGUES; LIMA, 2011, p. 8).

O ensino tradicional não falha exclusivamente por conta de seu aspecto disciplinar, mas sim por não estimular e orientar as capacidades cognitivas, inquisitivas e criativas dos alunos, por conta da desvinculação dos problemas

Quadro 1 - Comparação entre as concepções da Educação Ambiental Comportamentalista X Educação Ambiental Crítico-Transformadora.

Educação Ambiental Comportamentalista	Educação Ambiental Crítico-Transformadora
- Transmissão do Conteúdo	- Construção do Conhecimento
- Disciplinar	- Trans e Interdisciplinar
- De alto valor instrumental, com vistas a atender as demandas do mercado	- De alto valor formativo, com vistas a atender as demandas sociais
- Ingênua e simplista	- Politizada e Contextualizada
- Acrítica, anistórica, anacrônica e linear	- Crítica, histórica, inter-relacional
- Ensino Técnico e propedêutico	- Ensino para a cidadania, assumindo a tomada de decisões
- Superespecializada	- Baseada no Diálogo dos Saberes
- Alienante	- Transformadora
- Pontual e Ritualizada	- Está inserida nas atividades diárias e no cotidiano dos alunos
- De caráter individual	- De caráter coletivo e comunitário

Fonte: (PITANGA, 2015b).

de seu contexto sociocultural e ambiental (LEFF, 2012). “A educação exige novas orientações e conteúdos; novas práticas pedagógicas onde se plasmem as relações de produção de conhecimentos e os processos de circulação, transmissão e disseminação do saber ambiental” (LEFF, 2012, p. 251).

São fundamentais todos os esforços para provocar rupturas com as armadilhas paradigmáticas, como bem colocado por Guimarães (2004), provocadora de limitação compreensiva e incapacidade discursiva, gerando práticas conservadoras. Uma forma de promover rupturas se dá mediante a reflexão crítica que forma uma práxis. Conforme defende Santos (2001), *uma mutação filosófica do homem*, ou ainda, como divulgado e defendido nesse texto, uma reforma do pensamento, transpondo pensamentos lineares (característicos do pensamento moderno), para formas de pensar múltiplas e paralelas, que buscam, ao invés do estabelecimento de relações do tipo causa-efeito, as inter-relações e interconexões entre as tão complexas e multidimensionais questões planetárias. Conforme reflete Guimarães (2004, p. 135):

A educação em uma perspectiva crítica se propõe a formar dinamizadores de ambientes educativos (e não multiplicadores) que, ao compreenderem a complexidade dos processos (movimentos) sociais, movimentados pela reflexão crítica, mobilizem (mobilização = ação em movimento – práxis), com sinergia, processos de intervenção sobre as dinâmicas constituídas e constituintes da realidade socioambiental. Portanto, reciprocamente, esses movimentos são ambientes educativos e ambientes educativos são movimentos e os dinamizadores os alimentam.

À luz dessa arguta reflexão, devemos buscar construir espaços de educação críticos e reflexivos, que conduzam a um processo transformador, caracterizado pela ressignificação de sentidos, comportamentos, valores e atitudes. Possibilitando assumir e incorporar aos nossos fazeres diários uma gama de responsabilidades que nos levem a uma nova postura, tendo como consequência a tomada de atitudes em prol da construção de sociedades ecologicamente equilibradas, socialmente sustentáveis e justas.

A irrupção da complexidade ambiental induz a uma mudança epistemológica e societária – “passando do paradigma mecanicista a um termodinâmico-ecológico – contrário à fragmentação das ciências e caminhando numa construção holística de um mundo entendido como um sistema de inter-relações, interdependências e retroalimentação” (LEFF, 2006, p. 306), onde somente a adoção de um pensamento complexo, a interdisciplinaridade, mudanças de valores e práticas das pessoas possam conduzir a uma proposta de convivência menos incerta ao longo do tempo.

E assim, encerramos a abordagem da educação ambiental com mais uma das tão importantes reflexões de Leff:

A educação Ambiental fomenta novas atitudes nos sujeitos sociais e novos critérios de tomada de decisões dos governos, guiados pelos princípios da sustentabilidade ecológica e diversidade cultural, internalizando-os na racionalidade econômica e no planejamento do desenvolvimento. Isto

implica educar para transformar um pensamento crítico, criativo e prospectivo, capaz de analisar as complexas relações entre processos naturais e sociais, para atuar no ambiente com uma perspectiva global, mas diferenciada pelas diversas condições naturais e culturais que o definem (LEFF, 2012, p. 256).

Nesse contexto, Guimarães (2013, p. 28) nos apresenta relevante contribuição quando aponta alguns eixos que devem ser contemplados, e por nós vistos como imprescindíveis para a formação de educadores/professores, sendo eles:

Quadro 2 - Eixos norteadores na formação d@s educador@s¹⁰.

Eixos	Características
Primeiro	Exercitar o esforço de ruptura com a armadilha pedagógica, visando superar as formações baseadas em pensamentos lineares. Sendo o pensamento complexo, e suas possibilidades de pensar de modos múltiplos e paralelos, um norte epistemo-filosófico para promoção de ruptura.
Segundo	Vivenciar o movimento coletivo conjuntivo gerador de sinergia. Não numa perspectiva aditiva, baseada na crença de que a soma de contribuições individuais possa provocar mudanças significativas. Mas no entendimento de um movimento sinérgico.
Terceiro	Estimular a percepção e a fomentação do ambiente educativo como movimento.
Quarto	Formar @ educad@r ambiental como uma liderança que dinamize o movimento coletivo conjunto de resistência.
Quinto	Trabalhar a perspectiva construtivista da Educação Ambiental nas formações do educad@r ambiental. Visto que a perspectiva da educação como transmissora dos conhecimentos sistematizados, educação bancária, como nos ensina Paulo Freire, ainda é extremamente consolidado nas práticas dos educador@s
Sexto	Fomentar a percepção de que o processo educativo se faz aderindo ao movimento social. Superando as ideias ingênuas da necessidade de sensibilizar e somação de esforços individuais.

¹⁰ A utilização do símbolo @ centra no cuidado e no zelo para com as questões que envolvem gênero. Mesmo conhecendo que a Gramática Normativa Brasileira preconiza nesses casos que deve ser mantida a forma no masculino. Mesmo conhecendo que alguns autores tem o cuidado de se dirigir e inserir os(as), fizemos a opção da utilização da @ numa simbologia que vise a contemplar as mais diferentes opções de gênero.

Sétimo	Trabalhar a autoestima dos educador@s ambientais, a valorização de sua função social, a confiança na potencialidade transformadora de sua ação pedagógica articulada a um movimento conjunto.
Oitavo	Potencializar a percepção de que o processo educativo não se restringe ao aprendizado individualizado dos conteúdos escolares, mas se refere à relação do um com um outro, e do um com o mundo. A educação se dá na relação e deve buscar superar o individualismo, caminhando no sentido coletivo. Pois só um projeto coletivo social poderá mudar os rumos dessa crise sem precedentes.
Nono	Sensibilizar @ educad@r ambiental para uma permanente autoformação eclética, permitindo-lhe transitar das ciências naturais às humanas e sociais, da filosofia à religião, da arte ao saber popular, para que possa atuar como interlocutor na articulação dos diferentes saberes. Como nos ensina Morin, é romper com o caráter disjuntivo da educação, que tem como objetivo fomentar cabeças cheias, para alcançar formações conjuntivas que objetivam a formação de cabeças feitas.
Décimo	Exercitar a emoção como forma de desconstrução de uma cultura individualista, extremamente calcada na razão, e a construção do sentimento de pertencimento ao coletivo, ao conjunto e ao todo, representado pela comunidade e pela natureza.
Décimo Primeiro	Estimular a coragem da renúncia ao que está estabelecido, ao que nos dá segurança, e a ousadia para inovar.

Fonte: adaptada de Guimarães (2011, p. 28).

Por fim, entendemos e defendemos a importância da combinação sinérgica dos seguintes eixos norteadores: Questões Planetárias x Educação Ambiental x Formação de professores; para além de questões combinativas aditivas, de modo que estas possam superar os diversos obstáculos encontrados pelos professores, e se materializem nas práticas cotidianas das nossas escolas bem como de outros espaços formativos, em busca de um caminho que no futuro permita apresentar saltos quanti-qualitativos importantíssimos para a educação.

O Enfoque Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS).

Eu sustento que a única finalidade da ciência está em aliviar a canseira da existência humana. Se os cientistas [...] acham que basta amontoar saber por amor do saber, a ciência pode ser transformada em aleijão, e suas novas máquinas serão novas aflições, nada mais. Com o tempo, é possível que vocês descubram tudo o que haja por descobrir, e ainda assim o seu avanço há de ser apenas um avanço para longe da humanidade. O precipício entre vocês e humanidade pode crescer tanto, que ao grito alegre de vocês, grito de quem descobriu alguma coisa nova, responda um grito universal do horror.

(BRECHT, 1978, p. 161).

O Movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) tem sua origem entre as décadas de 1960/1970, a partir das discussões sobre o desenvolvimento e os rumos do progresso. Motivado pelas denúncias da ocorrência de vários acontecimentos de degradação do ambiente, os questionamentos sobre a suposta neutralidade da Ciência-Tecnologia (C&T), e as discussões sobre os elevados orçamentos públicos voltados ao desenvolvimento científico.

Apesar de ter ocorrido num momento pretérito, os maiores episódios da irracionalidade humana (as detonações das bombas atômicas em agosto de 1945) foram significativos para o surgimento deste movimento social que passou a questionar o modelo linear desenvolvimento com vistas ao progresso, seus vultosos orçamentos, as degradações ambientais e as mazelas sociais observadas, entre elas a fome.

Os movimentos contraculturais das décadas de 1960/1970 tiveram a sua parcela de contribuição no nascedouro do movimento CTS, principalmente devido à característica de denunciar os já gritantes problemas ambientais e as desigualdades sociais. Entre eles podemos destacar alguns como: hippies e feministas. Ainda cabe salientar a criação, em 1971, da organização não governamental Greenpeace, e pouco tempo depois os lançamentos de vários partidos verdes espelhados pelo mundo.

A concepção clássica das relações entre C&T e a sociedade é uma concepção extremamente otimista, que reflete uma postura linear de desenvolvimento, e que traz claramente elementos característicos do pensamento positivista, fundados nas ideias de crescimento irrestrito do progresso como uma relação simples de causa-efeito, representada pela seguinte equação: + ciência = + tecnologia = + riqueza = + bem-estar.

Sarewitz¹¹ (*apud* CHRISPINO, 2008) em seus estudos sobre C&T e os problemas gerados pelo progresso, enumera aquilo que chamou de principais mitos do sistema de pesquisa e de

¹¹ SAREWITZ, D. *Frontiers of illusion: Science, Technology and Problems of Progress*. Philadelphia: Temple University Press, USA, 1996.

desenvolvimento, a partir da concepção tradicional da ciência e das suas relações com a tecnologia e a sociedade. Conforme Sarewitz (*apud* Chrispino, 2008, p. 9):

- (1) Mito do benefício infinito: mais ciência e mais tecnologia conduzirão, inexoravelmente, a mais benefícios sociais.
- (2) Mito da investigação sem limites: qualquer linha razoável de pesquisa sobre os processos naturais fundamentais é igualmente provável que produza um benefício social.
- (3) Mito da responsabilidade: A avaliação pelos pares, a reprodutibilidade dos resultados e outros controles de qualidade da pesquisa científica, expressam as responsabilidades morais e intelectuais no sistema de pesquisa e de desenvolvimento.
- (4) Mito da autoridade científica: A pesquisa científica proporciona uma base objetiva para resolver disputas políticas.
- (5) Mito da fronteira sem fim: O conhecimento gerado na fronteira da ciência é independente de suas consequências práticas na natureza e na sociedade.

Os mitos de Sarewitz (1996) e as visões distorcidas da natureza e da Ciência explicam, em certa medida, a dificuldade de se transmitir conhecimento científico de forma crítica, objetivando a melhor formação do cidadão, de modo que se aproprie dos conhecimentos a fim de melhor interagir com o meio social (CHRISPINO, 2008). E nesta perspectiva, os estudos CTS visam superar os entendimentos sobre a natureza da construção do conhecimento científico e suas implicações sociais.

Cachapuz *et al.*¹² (*apud* CHISPINO, 2008; PORTO, 2010) resumizam as “visões deformadas da Ciência”. Entendidas como “ideias difundidas entre professores, alunos e na sociedade em geral que não correspondem ao pensamento atual a respeito da natureza da atividade e do conhecimento científico” (PORTO, 2010, p. 171), que provocou consequências indesejadas, entre elas as próprias visões deformadas, como também o afastamento e o desinteresse da sociedade em torno de assuntos relacionados à ciência. Sendo elas:

- (1) Visões descontextualizadas – A Ciência é vista como socialmente neutra e isolada do meio em que é produzida;
- (2) Concepções Individualistas e elitistas – Ciência feita por uma elite de homens geniais, cada qual trabalhando sozinho em laboratório;
- (3) Concepções empírico-indutivistas e ateóricas – Com excessiva ênfase na observação e experimentação;
- (4) Visões rígidas, algorítmicas e infalíveis – Não contemplam o caráter tentativo, dúvidas e uso da criatividade na Ciência;

¹²Cachapuz *et al.* (Orgs). *A necessária renovação do Ensino das Ciências*. São Paulo: Cortez, 2005.

- (5) Visões não problematizadoras e a-históricas – A Ciência se constitui de maneira arbitrária, constituindo um conhecimento acabado e de caráter dogmático;
- (6) Visões Exclusivamente analíticas – Uma ideia de Ciência superespecializada, que trata exclusivamente de situações simplificadas e idealizadas;
- (7) Visões acumulativas, de crescimento linear da Ciência – A Ciência não passa por crises e nem remodelações profundas.

Delizoicov e Auler (2001) elencam três percepções ligadas a C&T, que a princípio são vistas/tidas como posições superiores, ocupadas pelo desenvolvimento de C&T, mas que no seu cerne, baseados em leitura crítica, não passam de visões reducionistas, a saber:

- a) A suposta superioridade do modelo de decisões tecnocráticas: O especialista, o técnico, de forma neutra, possuem competência para solucionar os problemas;
- b) A perspectiva salvacionista de C&T: Tudo pode ser solucionado a partir de uma perspectiva de desenvolvimento de C&T, pois do ponto de vista internalista da Ciência, seu crescimento contínuo, que por sua vez gera progresso, consequentemente torna a vida mais fácil.
- c) Determinismo tecnológico: Em que a mudança tecnológica é a causa da mudança social, considerando-se que a tecnologia define os limites do que uma sociedade pode fazer.

Diante deste preâmbulo, ocorre o surgimento de um movimento que a princípio têm suas bases nas manifestações promovidas por entidades civis organizadas, e em seguida ganha espaço e força nos ambientes acadêmicos. Fundamentado em discussões epistemológicas, sociológicas e filosóficas, inicia uma análise crítica sobre as bases que sustentam os empreendimentos em C&T e suas implicações sociais. Sobre isso Linsingen (2006) afirma que:

O novo enfoque das relações entre CTS, na medida em que transfere o centro da responsabilidade da mudança científico-tecnológica para os fatores sociais, opõe-se ao da imagem tradicional da C&T. As novas compreensões admitem o fenômeno científico-tecnológico como processo ou produto inerentemente social, onde os elementos não epistêmicos ou técnicos (como valores morais, convicções religiosas, interesses profissionais, pressões econômicas e ambientalistas etc.) assumem um papel decisivo na gênese e consolidação das ideias científicas e dos artefatos tecnológicos (LINSINGEN, 2006, p. 4).

Inicia-se então uma busca por compreender os aspectos sociais do desenvolvimento científico-tecnológico, e quais os efeitos das suas aplicações para a sociedade. Logo os pensamentos do movimento CTS expandem-se para toda a sociedade, trazendo alguns reflexos e, dentre eles, permearam a área educacional como decorrência da necessidade de formar cidadãos alfabetizados cientificamente, o que não vinha sendo alcançado

de forma adequada pelo ensino convencional de ciências.

Temos que as relações CTS buscam oferecer aos cidadãos a alfabetização tecnocientífica, ferramenta indispensável para entender como os conhecimentos da Ciência e os artefatos variados da tecnologia promovem impactos: econômicos, políticos, éticos, culturais, ambientais para a sociedade de modo geral e para os grupos sociais (CHRISPINO, 2008).

O enfoque CTS

O quadro 3, abaixo ilustrado, traz uma síntese dos aspectos CTS que devem ser envolvidos no processo de alfabetização tecnocientífica, com abordagem organizada a partir do enfoque CTS.

Quadro 3 - Aspectos CTS a serem considerados no processo de Alfabetização tecnocientífica.

Aspectos CTS	Esclarecimentos
Natureza da Ciência	Ciência é a busca de conhecimentos dentro de uma perspectiva social.
Natureza da Tecnologia	Tecnologia envolve o uso de conhecimentos científico e de outros conhecimentos para resolver problemas práticos. A humanidade sempre teve tecnologia.
Natureza da Sociedade	A sociedade é uma instituição humana na qual ocorrem mudanças científicas e tecnológicas.
Efeito da Ciência sobre a Tecnologia	A produção de novos conhecimentos tem estimulado mudanças tecnológicas.
Efeito da Tecnologia sobre a Sociedade	A tecnologia disponível a um grupo humano influencia grandemente o estilo de vida do grupo.
Efeito da Sociedade sobre a Ciência	Por meio de investimentos e ou pressões, a sociedade influencia a direção da pesquisa científica.
Efeito da Ciência sobre a Sociedade	O desenvolvimento de teorias científicas pode influenciar o pensamento das pessoas e as soluções dos problemas.
Efeito da Sociedade sobre a Tecnologia	Pressões de órgãos públicos e de empresas privadas podem influenciar a direção da solução dos problemas e, em consequência, promover mudanças tecnológicas.
Efeito da Tecnologia sobre a Sociedade	A disponibilidade dos recursos tecnológicos limitará ou ampliará os progressos científicos.

Fonte: (CHRISPINO, 2008, p. 15)

De acordo com Cabral e Perreira (2012), o enfoque CTS traz como alguns de seus objetivos: RELACIONAR conhecimentos de campos acadêmicos que estão habitualmente separados, por exemplo, Filosofia da Ciência, História da Tecnologia, Sociologia do Conhecimento, Economia; REFLETIR sobre os fenômenos sociais e as condições da existência humana a partir da perspectiva da ciência e da técnica/tecnologia; e, ANALISAR as dimensões sociais do desenvolvimento tecnológico.

Esses aspectos aliam-se a propósitos formativos. Desta feita, buscamos com a componente curricular CTS que sejam desenvolvidas competências e habilidades junto a professores e estudantes a fim de contemplar esses propósitos: ANALISAR e avaliar criticamente as realidades do mundo contemporâneo, os antecedentes e fatores que nele influem; COMPREENDER os elementos fundamentais da investigação e do método científico; CONSOLIDAR uma maturidade pessoal, social e moral que lhe permita atuar de forma responsável e autônoma; PARTICIPAR de forma solidária no desenvolvimento e melhoria do seu entorno pessoal; DOMINAR os conhecimentos científicos e tecnológicos fundamentais, e as habilidades básicas da área/profissão que escolher (CABRAL; PERREIRA, 2012).

Santos *et al.* (2010, p. 140) destacam o desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão como o objetivo principal do enfoque CTS, “relacionadas à solução de problemas da vida real em seus aspectos sociais, tecnológicos, econômicos e políticos, o que significa preparar o indivíduo para participar ativamente da sociedade democrática”. Um segundo objetivo refere-se à natureza da ciência e o seu papel social, quanto a este, defendem: “o que implica a necessidade de o aluno adquirir conhecimentos básicos sobre filosofia e história da ciência, para compreender as potencialidades e limitações do conhecimento científico”. (SANTOS *et al.*, 2010, p. 140).

Por fim, ainda apontam como pretensões do enfoque CTS: a) a análise e a desmistificação do papel da Ciência e da tecnologia como conhecimento hierarquizado que conduz ao desenvolvimento; b) a aprendizagem social da participação pública nas decisões relacionadas a temas tecnocientíficos; c) uma renovação nas estruturadas componentes curriculares dos conteúdos, de forma a vincular a C&T numa perspectiva externalista, vinculadas ao contexto social (SANTOS *et al.*, 2010). Buscando assim conduzir a entendimentos epistemológicos contemporâneos que superem as visões deformadas e os diversos mitos que cercam as concepções sobre o desenvolvimento de C&T.

Por fim, apresentamos o quadro 4 a seguir, que num esforço intelectual visa fazer uma comparação entre elementos presentes no ensino clássico de Ciências, de natureza positivista, considerado ultrapassado, versus elementos do ensino num enfoque CTS, considerado como uma proposta contemporânea e promissora, na medida em que passe a fazer parte do cotidiano das atividades em sala de aula.

Quadro 4 - Elementos do Ensino clássico x elementos do ensino de Ciências num enfoque CTS.

Ensino Clássico de Ciências	Ensino CTS
Organização conceitual da matéria a ser estudada.	Organização da matéria em temas tecnológicos e sociais.
Investigação, observação, experimentação, coleta de dados e descobertas como método científico.	Potencialidades e limitações da tecnologia no que diz respeito ao bem comum.
Ciência, um conjunto de princípios, um modo de explicar o universo com uma série de conceitos e esquemas conceituais interligados.	Exploração, uso e decisões são submetidas a julgamento de valor.
Ciência como um processo, uma atividade universal, um corpo de conhecimento.	Desenvolvimento tecnológico, embora impossível sem a ciência, depende mais das decisões humanas deliberadas.
Ênfase na teoria para articulá-la com a prática.	Ênfase na prática para chegar à teoria.
Busca a verdade científica sem perder a praticidade e a aplicabilidade.	Prevenção de consequências a longo prazo.
Lida com fenômenos isolados, usualmente do ponto de vista disciplinar, análise dos fatos, exata e imparcial.	Lida com problemas verdadeiros no seu contexto real (abordagem interdisciplinar).

Fonte: (CHRISPINO, 2008).

A Química Verde¹³

As décadas de 1980/90 foram marcadas pelo apontamento dos diversos problemas ambientais causados pela utilização indiscriminada de algumas substâncias químicas. Mas foi marcado também pelas primeiras iniciativas que procuraram entender e promover relações desses impactos não só com o ambiente natural, mas também com as condições de vida da população mundial.

Diante da necessidade global desse repensar de todo o cenário da crise, políticos, empresários, cientistas e a sociedade

¹³ Parte desse subcapítulo pode ser encontrado no texto de tese “A inserção das Questões Ambientais no Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Sergipe” defendida no Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Sergipe, em agosto de 2015.

civil, com suas organizações (na defesa de seus interesses), ainda na década de 1990 tiveram a iniciativa de buscar mecanismos que nos conduzissem a um processo de encaminhamentos e colaborações mútuas, na expectativa de pensar um mundo melhor, socialmente e ecologicamente mais justo.

A química, as indústrias e seus profissionais, crentes das respectivas contribuições negativas e diante do quadro apresentando anteriormente, não permaneceram alheios às discussões, e tão pouco assumiram um estado letárgico diante dos problemas a serem enfrentados. Com isso, tomaram as primeiras medidas na perspectiva de colaborar para o enfrentamento da crise e a busca por soluções para seus problemas. A princípio, começaram a desenhar o esquadramento de um campo teórico dentro da área, que ficou conhecido como Química Ambiental e, num segundo momento, propuseram a chamada Química Verde e seus doze princípios, na expectativa da institucionalização desse novo campo.

A Química Ambiental surge com a pretensão de desenvolver métodos analíticos para a determinação (qualificação/quantificação) dos poluentes nos vários compartimentos (água, solo e ar), devido à ação antropogênica. Em seguida, passa a se preocupar com os processos de remediação e tratamento do descarte desses compostos, principalmente associados com os rejeitos industriais. Por fim, no início da década de 1990, inaugura-se uma nova tendência de pensar as questões dos resíduos químicos produzidos por todos os setores.

Diante de tal conjunto de problemas e desafios, fez-se fundamental buscar novas alternativas, e esse novo direcionamento surge sob o nome de *Green Chemistry*, Química Verde (QV) ou ainda “Química Limpa” (LENARDÃO *et al.*, 2003). Ela nasce como uma resposta da Indústria Química frente às pressões sociais, especialmente dos movimentos ambientalistas, para evitar ou minimizar a produção de resíduos e os problemas referentes aos seus lançamentos, tendo objetivos ambientais, tecnológicos e sociais, diretamente associados com o movimento de sustentabilidade (WINTERTON, 2001; MACHADO, 2011).

Uma das primeiras iniciativas data de 1991, quando a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA-EUA) lançou programa intitulado Rotas Sintéticas Alternativas para a Prevenção de Poluição. Na Itália, em 1993 foi instituído o *Consórcio Universitário Química para o Ambiente* (INCA), objetivando reunir forças de acadêmicos para atuar prevenindo a poluição através da realização de pesquisas em reações, produtos e processos. O governo dos EUA instituiu um programa de premiações para inovações tecnológicas industriais no ano de 1995, *The Presidential Green Chemistry Challenge, O Grande Desafio da Química Verde* (PGCC). Já em 1997 foi criado o *Green Chemistry Institute*, que atua em parceria com a Sociedade Americana de Química. Ainda no mesmo ano, a União Internacional da Química Pura e Aplicada (IUPAC) organizou, em Veneza, a primeira *International Conference in Green Chemistry*, que acabaria culminando no ano de 2001 na criação do subcomitê interdivisional de *Green Chemistry*. Em setembro desse mesmo ano foi realizado o primeiro *Workshop em Educação em QV* (LENARDÃO *et al.*, 2003).

Essas ações representam algumas iniciativas de governos e instituições para o enfrentamento da crise. Do ponto de vista conceitual, segundo Lenardão *et al.* (2003, p. 124), a QV pode ser definida como “o desenho, desenvolvimento e

implementação de produtos químicos e processos para reduzir ou eliminar o uso ou a geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente”.

Machado (2004, p. 61) aponta que QV é uma nova visão da química que surge e atinge a sua maturidade como ramo do conhecimento científico ao longo do século XX, perseguindo seus objetivos até os dias atuais, tendo como alguns deles: “i) eliminar os efeitos nocivos para o ambiente e a saúde ecológica e humana da preparação e utilização de numerosos produtos fabricados pela indústria química; e ii) permitir a recuperação da aceitação da química por parte da sociedade”.

Diante das preocupações do mundo com o progresso baseado no desenvolvimento sustentável, tem-se na QV uma filosofia que pode colaborar com esta perspectiva (SILVA; LACERDA; JONES JUNIOR, 2005). Assim, ela surge como uma resposta para solucionar os problemas relativos à produção industrial e à poluição ambiental, estando baseada na combinação de fatores econômicos, científicos e sociais. Esse novo pensamento científico incentiva a implementação das suas concepções nos currículos e atividades acadêmicas, bem como sua aplicação em escala comercial e industrial (PRADO, 2003). Ressalta-se o pensamento de que o progresso nessa área, QV, pode ser o ponto chave para as conquistas de objetivos econômicos, como também um valioso avanço em direção a um desenvolvimento mais sustentável (FARIAS; FÁVARO, 2011).

Diante do exposto, o próximo passo desse diálogo é apresentar a construção de um arcabouço teórico que permita entender como ocorreram as formulações de alguns conceitos e suas discussões, visando identificar as matrizes basilares que deram origem aos primeiros doze princípios da QV, inicialmente apontando as práticas, ou as boas práticas, que deveriam ser adotadas pelas indústrias químicas (MACHADO, 2011; FARIAS; FÁVARO, 2011):

a) *Prevenção de poluição*: tinha como principal objetivo o desenvolvimento de iniciativas que levassem à redução da quantidade de poluentes e resíduos produzidos pela indústria química. Ao contrário das antigas estratégias de controle de poluentes, baseadas na retenção dos mesmos após a produção, representou uma mudança significativa nos processos de gestão de resíduos industriais;

b) *Minimização de resíduos*: apresentou estreita relação com a prática, referindo-se à diminuição de resíduos sólidos e líquidos produzidos por um processo, sem levar em

consideração a emissão de gases. Por vezes associava ações de reciclagem no interior do processo, e mesmo a recuperação e tratamento seguro de resíduos sólidos ou líquidos;

c) *Processos com mais segurança inerente*: proposto por T. Klenz em 1977, refere-se à construção de uma nova postura no design dos processos da indústria química, preconizando um esforço incisivo e continuado na perseguição de evitar acidentes, de modo que se procure eliminar os riscos desde a raiz. Essas medidas tornaram-se mais incisivas logo após o trágico acidente de Bhopal, ocorrido na Índia no ano de 1984¹⁴;

d) *Cuidado responsável*: corresponde à cooperação proativa da indústria na resolução antecipada dos problemas, cujo principal estímulo estava relacionado com a questão econômica, visando evitar os custos com a via legislativa: realização de avaliações químicas, processos judiciais, multas e outros. Auxilia a indústria química a operar com segurança e cuidado pelas gerações futuras “(hoje o programa é dirigido explicitamente ao desenvolvimento sustentável) – sem perder de vista o objetivo de aumentar os lucros” (MACHADO, 2011, p. 537);

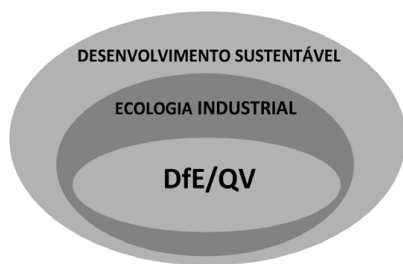
e) *Design para o ambiente (DfE – Design for Environment)*: emerge na década de 1990, assumindo o objetivo de minimizar os impactos dos trabalhos desde o início da sua concepção até os processos para fabricação – requerendo em todas as etapas a adoção de medidas proativas que estimulem a redução ou eliminação de efeitos negativos ao ambiente;

e) *Ecologia Industrial*: resulta do entendimento de que os processos de tratamento dos resíduos industriais são difíceis de serem resolvidos com eficácia, e apresentam elevados custos de execução. A partir daí promove uma nova visão para os sistemas industriais, que prescreva a atenção simultânea ao provisionamento de matérias-primas e à produção de resíduos de modo semelhante aos ecossistemas naturais, de forma integrada e sistêmica, como ciclos fechados.

Esses conceitos têm o objetivo de promover a introdução de inovações dos materiais, tanto quanto dos processos de fabricação, procurando estabelecer uma integração (figura 4) (MACHADO, 2011). Por vezes, é considerada a agregação de várias tendências ambientais, incluindo o metabolismo industrial, design de ambiente, análise de ciclo de vida, QV, prevenção da poluição, produção ambientalmente consciente e o desenvolvimento sustentável (FARIAS; FÁVARO, 2011).

¹⁴ Esse acidente é considerado como o maior desastre químico da história da humanidade, ocorreu no dia três de dezembro de 1984, quando aproximadamente 40 toneladas de gases tóxicos vazaram da fábrica de fertilizantes Union Carbide Corporation. Os precários dispositivos de segurança apresentaram problemas ou estavam desligados permitindo o vazamento de uma mistura de isocianeto de metila e hidrocianeto, e depois de passados três dias, cerca de oito mil pessoas vieram a óbito, e quase 30 anos mais tarde estima-se que uma população de 150.000 pessoas convive em meio a problemas crônicos de saúde em consequência do acidente, inclusive crianças que nasceram depois do acidente por conta dos efeitos cumulativos das substâncias.

Figura 4 - Relações entre QV, DfE, Ecologia Industrial e o Desenvolvimento Sustentável



Fonte: (MACHADO, 2011, p. 538).

Com relação aos conceitos que foram construídos e incorporados à QV, Machado (2011, p. 539) afirma que “estes surgiram por conta de uma mudança nas concepções acerca de suas visões sobre as reações de síntese, de reducionistas para sistêmicas, forçando com isso a criação de novos conceitos”, a exemplo de:

- *Economia Atômica*: razão entre a massa de átomos dos reagentes estequiométricos incorporados no produto desejado e a massa total de átomos dos reagentes, expressa em percentagem;
- *Utilização atômica*: razão entre a massa do produto desejado e a soma das massas de todas as substâncias produzidas na reação (reagentes e produtos), expressa em percentagem;
- *Fator E*: razão entre a totalidade da massa de resíduos produzidos e a massa do produto desejado, expresso em valor.

Lenardão *et al.* (2003, p. 124) apontam os supracitados conceitos como sendo as três principais categorias de produtos ou processos em QV. Já em Machado (2004, p. 59), eles são expressos com outra denominação, como: quatro objetivos intencionais de proteção do ambiente e da saúde da biosfera, mas, pode-se observar segundo a enumeração abaixo, que apesar das diferentes classificações eles convergem conceitualmente para os mesmos propósitos:

- i) fabricar e lançar no mercado apenas substâncias que não sejam nocivas para a saúde humana e do restante dos seres vivos, e que não deteriorem o ambiente;
- ii) usar processos de fabricação de substâncias que não dispersem poluentes e nem produzam resíduos tóxicos que acabam sempre depositados no ambiente, ainda mais que estas sejam persistentes, bioacumulativas;
- iii) o uso de fontes renováveis ou recicláveis de matéria-prima;
- iv) aumento de eficiência de energia, ou a utilização de menos energia para produzir a mesma ou maior quantidade de produtos.

Na miríade de toda uma conjuntura desfavorável, e com a intenção de criar um protocolo que oriente as boas práticas por parte dos químicos e as aplicações industriais desse setor, no ano de 1998 foram propostos, por Anastas e Warner¹⁵, os *Doze princípios da Química Verde* (quadro 2), como um conjunto de critérios norteadores cujo objetivo é gerar novos comportamentos e atitudes que possam conduzir as práticas dentro de um modelo que procure, pelo menos, minimizar

¹⁵ Anastas, P. T.; Warner, J. *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford University Press; Oxford, 1998.

os vários impactos ocasionados por essa área do conhecimento e seu segmento industrial, até então altamente poluidor.

Quadro 5 - Exposição dos doze princípios da QV e alguns comentários esclarecedores.

Princípio	Comentários
1 – Prevenção	É melhor prevenir a formação de resíduos do que tratá-los posteriormente. Está é a maneira mais eficiente de minimizar os impactos das atividades industriais.
2 – Economia de átomos	Os métodos sintéticos devem ser desenvolvidos para maximizar a incorporação dos átomos dos reagentes nos produtos finais desejados. A reação ideal seria aquela em que toda a massa dos reagentes está contida nos produtos.
3 – Sínteses de produtos menos perigosos	Sempre que possível, metodologias sintéticas devem ser projetadas para usar e gerar substâncias que possuam pouca ou nenhuma toxicidade para a saúde humana e o meio ambiente.
4 – Desenhos de produtos seguros	Os produtos químicos deverão ser desenvolvidos para possuírem a função desejada, apresentando a menor toxicidade possível.
5 – Solventes e auxiliares mais seguros	A utilização de substâncias auxiliares (solventes, agentes de separação, etc.) deverá ser evitada quando possível, ou usadas substâncias inócuas no processo. Existe um grande esforço no sentido de substituir os solventes orgânicos convencionais por solventes verdes, como fluídos supercríticos, líquidos iônicos e água próximo ao estado supercrítico.
6 - Busca pela eficiência de energia	Os métodos sintéticos deverão ser conduzidos, sempre que possível, à pressão e temperatura ambientes, diminuindo seu impacto econômico e ambiental.
7 – Uso de fontes renováveis de matéria-prima	Sempre que possível, técnica e economicamente viável, utilizar matéria-prima renovável.
8 – Evitar a formação de derivados	Uso de reagentes bloqueadores, de proteção ou desproteção, e modificadores temporários que deverão ser minimizados ou evitados quando possível, pois estes passos reacionais requerem reagentes adicionais e, conseqüentemente, podem produzir subprodutos indesejáveis.
9 – Catálise	Reagentes catalíticos (tão seletivos quanto possível) são superiores aos reagentes estequiométricos.
10 - Desenhos para degradação	Produtos químicos deverão ser desenvolvidos para a degradação inócua de produtos tóxicos, não persistindo no ambiente.
11 – Análises em tempo real para a prevenção da poluição	As metodologias analíticas precisam ser desenvolvidas para permitirem o monitoramento do processo em tempo real, visando controlar a formação de compostos tóxicos.
12 – Química intrinsecamente segura para a prevenção de acidentes	As substâncias usadas nos processos químicos deverão ser escolhidas para minimizar acidentes em potencial, tais como explosões e incêndios.

Fonte: (HJERSEN; SCHUTT; BOESE, 2000; LENARDÃO *et al.*, 2003; MACHADO, 2004; 2008; 2011; PRADO, 2003; SILVA; LACERDA; JONES JUNIOR, 2005; FARIAS; FÁVARO, 2011).

Conforme o exposto, a adoção de uma nova postura se faz necessária e exige, por parte dos químicos e dos engenheiros, o desenvolvimento de novos métodos de síntese que produzam moléculas, não apenas com sólido conhecimento da química tradicional, mas também conscientização, “ideias claras e pragmatismo sobre como inovar a química para concretizar a QV” (MACHADO, 2012, p. 1250). Para esta efetivação, os doze princípios, e todo o conhecimento que foi mobilizado em sua construção, estão cercados de intenções que procuraram apresentar as iniciativas dos químicos com o propósito de colaborar na remediação do quadro crítico que se apresenta à humanidade. Nessa empreitada várias foram as contribuições para conduzir os processos químicos e a síntese de novos compostos, tomando os princípios da QV como norteadores.

Alguns casos acabaram relatando *uma falsa Química Verde*¹⁶, na qual estudos publicados traziam descrições de desenvolvimentos experimentais em que alguns princípios eram contemplados em detrimento de outros e, ao se avaliar os processos com maior abrangência, de modo sistêmico, chegava-se à conclusão de que tal procedimento não correspondia às expectativas de uma QV legítima. Essas críticas foram direcionadas aos intitulados químicos acadêmicos ou laboratoriais, devido as suas “formações reducionistas, fundadas em concepções de ensino de ciências em moldes tradicionais, resistentes a visões integradas na necessidade da adoção de uma postura sistêmica” (MACHADO, 2008, p. 36).

Segundo o autor supramencionado, o mais relevante dos problemas foi a dificuldade de penetração de uma visão sistêmica na utilização dos princípios de QV e, diante dos fatos, Winterton (2001) procurou ampliar as relações existentes entre a Química com a sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável, ao publicar os *Segundos doze Princípios de Química Verde* (quadro 6), destinados estritamente aos profissionais das academias de Química, e em especial aos que trabalham com o desenvolvimento de moléculas, com a finalidade de auxiliar e planejar seus trabalhos na inclusão de dados para o desenvolvimento de projetos que facilitem, aos demais profissionais, avaliarem a possibilidade de minimizar os impactos dos descartes (WINTERTON, 2001). Estes procuraram orientar/estimular os químicos laboratoriais para que adotem em suas tarefas alguns procedimentos que visem privilegiar:

- a) O estudo da química básica necessária para obter vias de síntese mais verdes;
- b) A coleta de dados adicionais que permitam avaliar comparativamente as características de *verdura química*¹⁷ das novas vias de síntese investigadas e estabelecidas

¹⁶ Uma discussão mais detalhada dos casos de falsa QV pode ser encontrada em MACHADO (2008).

¹⁷ O conceito de *verdura química* é complexo e de difícil definição, em primeiro lugar porque é vasto e diversificado, aplica-se aos compostos, a sua fabricação e a sua utilização; em segundo lugar por englobar as diferentes facetas da benignidade ambiental, quer dos compostos quer dos processos; e por fim, porque a química industrial é em si complexa, por envolver elevado número de substâncias químicas e variados processos de fabricação. Assim a *verdura* é determinada por um agregado de características variadas que permitem a sustentabilidade do composto ou processo: seja intrinsecamente benigno, aproveitem bem os átomos dos reagentes e não gerem muitos resíduos, envolvam processos com baixo consumo de energia e, utilizem matérias-primas renováveis (MACHADO, 2007, p. 47).

mediante cálculo de métricas de massa e ambientais (MACHADO, 2008, p. 37).

O segundo conjunto de princípios apela aos químicos acadêmicos que realizam investigação de laboratório sobre síntese de compostos para incluírem na sua atividade uma atitude proativa de atenção às características de verdura (ou falsa) das reações químicas que desenvolverem e/ou usarem nas vias de síntese. Tal atitude passa fundamentalmente pela prática de dois procedimentos: procurar realizar intencionalmente planejamento de trabalho laboratorial de base mais amplamente dirigido para a QV; depois, no desenvolvimento deste, implementar a obtenção de informações relativas à verdura das reações químicas que utilizarem nas sínteses que desenvolverem (MACHADO, 2012, p. 1250).

Ao realizar uma leitura dos *Segundos doze Princípios de QV*, é notável a ampliação das competências e habilidades que os químicos devem possuir para organizar suas atividades baseadas nessas propostas, além de pensar no processo de síntese, desde a escolha da matéria-prima ou dos reagentes de partida, da energia envolvida, do rendimento do produto, da eficiência atômica, aos processos de descartes, utilização de auxiliares, catalisadores, entre outros aspectos.

O segundo grupo de doze princípios (quadro 6) norteadores propõe a estes profissionais a difícil tarefa de agregar informações que vão além do conhecimento da formação de químico, para que passem a nortear suas tarefas também com a preocupação de incorporar algumas variáveis físicas (transferências de calor e massa, estimativas de perdas) em seus ensaios laboratoriais, sendo estas atribuições exigidas aos especialistas em engenharia em escala industrial. Vê-se que o objetivo dessa ampliação se centra na busca por solucionar um significativo problema que envolve as pesquisas realizadas em laboratório e as dificuldades encontradas em suas possíveis transposições para a escala industrial.

Quadro 6 - Exposição dos segundos doze princípios da QV e alguns comentários esclarecedores.

Princípio	Comentários
13 – Identificar e quantificar coprodutos (subprodutos e eventuais resíduos)	Identificar os coprodutos e determinar as suas quantidades relativamente à do produto principal.
14 – Obter conversões, seletividade, produtividade etc.	Para além do rendimento químico das reações de síntese, determinar métricas relevantes para a QV: seletividade, produtividade (eficiência atômica e similares) etc.
15 – Estabelecer balanços materiais completos para o processo	Especificar, quantificar e contabilizar todos os materiais usados na obtenção do produto final, incluindo auxiliares, nomeadamente solventes.
16 – Determinar as perdas de catalisadores e solventes nos efluentes	Determinar as quantidades caudais dos fluxos de efluentes líquidos, sólidos e gasosos e as concentrações de reagentes auxiliares neles.
17 – Investigar a termoquímica básica do processo	Avaliar e relatar as variações de entalpia das reações exotérmicas para alertar sobre eventuais problemas de liberação de calor com a mudança de escala.
18 – Considerar limitações de transferência de calor e de massa	Identificar fatores que afetam a transferência de calor e de massa no escalonamento (velocidade de agitação ou de dispersão de gases, área de contato gás - líquido etc.).
19 – Visualizar as reações sob a perspectiva dos engenheiros químicos	Identificar e compreender pontos de restrição para o escalonamento da química no desenvolvimento do processo industrial por estudo das várias alternativas de tecnologias disponíveis para implementar os contactos com engenheiros químicos.
20 – Considerar a globalidade do processo industrial ao selecionar a química de base	Avaliar o impacto das alternativas possíveis de todas as variáveis de processo (matérias-primas, natureza do reator, operações de separação etc.) nas operações para a química de base. Realizar experiências com reagentes comerciais que vão ser usados na fabricação.
21 – Ajudar o desenvolvimento e aplicar medidas de sustentabilidade do processo	Avaliar quantitativamente, na extensão possível, o grau de sustentabilidade do processo industrial (atividade ainda incipiente, mas com futuro).

22 – Quantificar e minimizar o uso de “utilidades”	Dar atenção ao uso e minimização das “utilidades” e proporcionar informação que permita avaliar as respectivas necessidades logo no início do desenvolvimento do processo e ao longo do escalonamento da síntese.
23 – Identificar situações e incompatibilidade entre a segurança do processo e da minimização de resíduos	Dar atenção à segurança do processo a desenvolver, com base na síntese laboratorial, e alertar para o fato de existirem restrições de segurança que limitam as condições de implementação da reação em escala industrial.
24 – Monitorar, registrar e minimizar os resíduos produzidos na realização laboratorial da síntese	Dar atenção pormenorizada e quantitativa aos resíduos produzidos na síntese laboratorial e lutar pela sua minimização.

Fonte: (WINTERTON, 2001).

Numa breve análise dos segundos doze princípios, verifica-se que conforme acima apresentado, eles acabam propondo competências que vão além das oportunizadas nos cursos de graduação, tanto para o bacharelado quanto para a licenciatura em Química. Muitos desses segundos princípios, para que fossem incorporados nas atividades dos químicos, necessitariam muito mais do que o oferecimento de uma disciplina de QV, ou qualquer outra com a mesma filosofia, pois, careceriam de uma revisão profunda em toda a componente curricular oferecida na formação desses profissionais. Assim, entende-se que a adoção desses segundo doze princípios é um procedimento que se tornaria inviável perante as formações profissionais hoje em voga.

Tang, Smith e Poliakoff (2005) caminham nesse entendimento ao alertar para a dificuldade que o público apresenta para incorporar os princípios da QV, haja vista tratar-se de discussões com certa profundidade e com conteúdos que algumas vezes não fazem parte dos cursos de formação, ou mesmo da rotina dos químicos, sejam estes conteúdos dos primeiros ou dos segundos princípios. Diante desta compreensão, os citados autores manifestam suas preocupações com as questões eminentemente didáticas, e com isso buscaram criar um artifício mnemônico, idealizado pela produção de uma simples relação acrônica (quadro 7) que despertasse, desde o primeiro contato com o público, um sentimento de simpatia que facilitasse a comunicação e a aprendizagem dos princípios. Segundo os autores, a primeira impressão é de que ocorreram

mudanças, combinações ou simplificações dos princípios, porém, percebe-se que esta abordagem permite que os ouvintes compreendam mais rapidamente os conceitos que são centrais e tidos como os mais importantes (TANG; SMITH; POLIAKOFF, 2005, p. 761).

Quadro 7 - Princípios da QV escritos na forma mnemônica PRODUCTIVELY

P – Prevent wastes	P – Prevenção de Resíduos
R – Renewable materials	R – Matérias-primas renováveis
O – Omit derivatization steps	O – Omitir (evitar) os passos de derivatização
D – Degradable chemical products	D – Produtos Químicos degradáveis
U – Use safe synthetic methods	U – Utilização de métodos de síntese seguros
C – Catalytic reagentes	C – Reagentes catalíticos
T – Temperature, pressure environment	T – Temperatura e pressão ambiente
I – In-process monitoring	I – Acompanhamento em tempo real dos processos
V – Very few auxiliary substances	V – Evitar a utilização de substâncias auxiliares, ou mesmo quando precisa, utilizar quantidades mínimas
E – E – factor, maximize feed in product	E – Maximizar o Fator-E dos produtos
L – Low toxicity of chemical products	L – Produtos químicos de baixa toxicidade
Y – Yes, it is safe	Y – Sim, eles são seguros

Fonte: (TANG; SMITH; POLIAKOFF, 2005, p. 761).

A simples habilidade de conhecer os princípios da QV, acrescida da utilização de um recurso dessa natureza para aquisição de conhecimento, são objetivos lacônicos para expressarem a que ponto se pretende chegar, ou seja, à formação de profissionais capacitados para refletir e colaborar com as diversas ações que conduzam à construção de um novo paradigma para o enfrentamento da crise ambiental. No entanto, passados mais de 20 anos das primeiras iniciativas, é lamentável que a QV ainda não tenha conseguido maior espaço nos currículos universitários (BRAUN *et al.*, 2006).

Segundo Zuin (2011), no Brasil, os 12 (doze) princípios da QV são recentes, pois, nos diversos meios datam de pouco mais de cinco anos: acadêmicos, governamentais e industriais. Ainda segundo a autora, poucos grupos de pesquisa têm impulsionado a QV, e tais grupos são vinculados principalmente às universidades. Para Farias e Fávaro (2011), a QV participa com modesta porcentagem nas inúmeras pesquisas químicas que estão em andamento na atualidade. Possivelmente os milhares de químicos espalhados pelo mundo

conhecem os princípios que norteiam esse novo paradigma, contudo, ainda não incorporaram essas ideias às suas atividades diárias.

Verifica-se um vagaroso progresso referente à adoção da QV, e este aspecto estaria atrelado a fatores que emperram a celeridade do processo. Visualiza-se que as concepções e práticas reducionistas, encontradas nas academias, representam um entrave para a adoção de práticas baseadas nos seus princípios. A disciplinarização e a superespecialização técnica acabam por promover barreiras, impedindo os profissionais de observarem os processos químicos em maior amplitude. Aqueles que se colocam contrários à eminente necessidade de mudanças se apoiam em narrativas e argumentos do tipo: ‘esta não é a forma como o mundo real funciona’, ‘material tradicional é mais importante do que conceitos de QV’, ‘não há tempo suficiente para cobrir os conceitos tradicionais e incluir novos’, e a simples relutância de mudar (BRAUN *et al.*, 2006). Propagando alegações que caminham na contramão dos fundamentos que sustentam a filosofia da QV.

O ensino de QV, já que hoje deve ser dirigido para o desenvolvimento sustentável, exige uma visão ampla e holística da química, de natureza sistêmica, que possibilite a sua plena incorporação nos contextos ambiental, humano e societário em que a química sempre se desenvolveu e que são atualmente cada vez mais condicionantes de sua prática (MACHADO, 2011, p. 541).

A inserção desses princípios nos currículos profissionais é uma iniciativa que visa garantir uma formação ampliada, com características interdisciplinares e holísticas, procurando se distanciar ao máximo da visão tecnicista, permitindo aos profissionais a incorporação de habilidades que lhes propiciem pensar a QV não somente como uma divisão da química ou paradigma orientador diante da crise mundial. Para além disto, que lhes possibilite atuar junto aos alunos em prol de uma formação completa, mediante leituras do mundo que vão além das questões da química teórica. Conduzir-lhes num caminho que lhes garanta estabelecer as inter-relações entre as diversas dimensões envolvidas na crise: econômica, política, social, cultural, ambiental e tecnológica, corroborando com as ideias propostas por Braun *et al.* (2006, p. 1126).

Os benefícios resultantes da incorporação de conceitos de QV são significativos e aplicáveis a todos os níveis de ensino. Conceitos de QV fornecem uma conexão entre a matéria ensinada em sala de aula e o cotidiano dos alunos, além da poluição, destruição do ozônio e aquecimento global. Alguns exemplos incluem a viabilidade e as limitações da reciclagem, aspectos de sustentabilidade, de design de produto do consumidor, a eficiência energética e os impactos ecológicos de bioacumulação e desregulação endócrina em fauna aquática. Com a inclusão de conceitos de QV, estudantes de todas as disciplinas, e não apenas as ciências químicas, terão a capacidade de relacionar conceitos químicos para o “mundo real” e à sua carreira escolhida.

Deve-se ter claro que a ideia aqui posta não se refere à necessidade da criação de uma disciplina de QV, como ocorreu com a química ambiental. Ao contrário disto, argumenta-se neste estudo a inserção destas discussões em todas as disciplinas, cujo corpo do conhecimento assim permita. E com isso, abranger a perspectiva holística que orienta a QV, os conceitos e as boas práticas que conduziram à produção de seus princípios. Isso permite afirmar que as disciplinas das grandes áreas da química: inorgânica, orgânica, físico-química e analítica devem incorporar conceitos-chave da QV nos currículos, a fim de fazer a química inerentemente verde (BRAUN *et al.*, 2006).

Nesse contexto, as práticas interdisciplinares se apresentam como uma metodologia auspiciosa para os projetos pedagógicos dos diversos cursos. A abordagem multidisciplinar para a educação em QV permite aos alunos desenvolver a comunicação interdisciplinar devido os seus contatos desde o início, promovendo assim “esforços concentrados para atacar os problemas e desenvolvimento de tecnologias sustentáveis com consciência global” (BRAUN *et al.*, 2006, p. 1128). Para tal empreendimento torna-se necessário incorporá-la nas atividades estratégicas, tais como: leituras e discussões de textos que tratem das questões globais, experimentos de laboratório, pesquisas *on-line*, leituras, discussões de artigos de revistas científicas, utilização de simuladores químicos como procedimento de análises experimentais, entre outros.

Assevera-se que os estudantes, em todos os níveis de ensino, devem incorporar a filosofia e os princípios da QV em suas formações. Assim, os educadores precisam adaptar ferramentas e materiais que efetivamente integrem a QV em suas atividades de ensino e pesquisa. E para que ocorram avanços curriculares, alguns passos devem ser adotados, conforme recomendado por Anastas e Kirchhoff (2002, p. 6810):

- Sistematizar o reconhecimento do perigo/toxidez, bem como das propriedades físico-químicas das estruturas moleculares que podem ser desenhadas e manipuladas;
- Desenvolvimento e utilização de experimentos em laboratório que permitam ilustrar os princípios de QV;
- Balanceamento de equações nos livros de química orgânica e substituir os cálculos de rendimentos estequiométricos por economia atômica;
- Introduzir os conceitos bases de Química toxicológica;
- Incorporar tópicos de QV nos exames de certificação;
- Professores devem buscar materiais de referência que incorporem QV nos cursos existentes;
- Educação dos legisladores em benefício da QV.

As reflexões acerca da QV apontam ainda para a necessidade da formação de profissionais que tenham uma visão holística dos problemas atuais, e que consigam estabelecer inter-relações entre as diversas dimensões: econômica, social, político, tecnológica e ambiental. Neste sentido, é preciso compreender que ampliar o horizonte não é somente ver a química como uma ciência que visa minimizar os descartes de substâncias por meio do desenvolvimento de técnicas, ou pela detecção desses poluentes no meio, mas sim, capacitar os profissionais

para que eles possam no futuro colaborar com o crescimento do mundo, com vistas à sustentabilidade.

Diante de todo um contexto problemático referente à formação docente, principalmente no que tange as componentes curriculares, os cursos de Licenciatura em Química têm buscado ações que visam melhorar os processos formativos. Sendo uma delas a ambientalização dos currículos com a inserção da Química Verde. Reforçando a necessidade da inclusão de conteúdos que busquem superar a química tradicional (LEAL; MARQUES, 2008), uma vez que, segundo Pitanga (2016, p. 154), defende-se “a necessidade de a QV dialogar intensamente com os fundamentos propostos pela EA crítica, pois estes se apresentam como um possível instrumento filosófico, político, epistemológico e metodológico capaz de permitir que sejam reorientados os currículos e o ensino de química”.

Segundo Roloff e Marques (2014), nos discursos dos professores a química é tida como remediadora dos problemas ambientais. Com base no já citado estudo publicado por Layrargues e Lima (2014), Pitanga (2015a) investigou sobre a QV com professores de uma universidade pública brasileira, e conseguiu identificar elementos presentes em suas práticas e concepções, posteriormente categorizados na chamada Macrotendência Pragmática, com a ocorrência de resultados que corroboram as investigações realizadas por Marques *et al.* (2007; 2013), Lambach e Marques (2014), Roloff e Marques (2014). Os elementos identificados nos estudos são caracterizados pelo domínio da lógica de mercado frente às outras dimensões, alicerçadas na ideologia do consumo, no gerenciamento ambiental, na revolução tecnológica como última fronteira do progresso e na inspiração privatista, que se evidencia em termos como: economia e consumo verde, responsabilidade socioambiental, créditos de carbono, reciclagem, mecanismos de desenvolvimento limpo.

Quanto às componentes curriculares e a inserção das questões ambientais na formação de professores de química, Marques *et al.* (2013) apontam certa predominância dos conteúdos específicos (química geral, orgânica, inorgânica etc.). Num panorama sobre os currículos de formação de professores das universidades do Sul e do Sudeste do Brasil, Perreira *et al.* (2009) apontam para um quadro preocupante, uma vez que segundo os autores, durante a formação inicial poucas são as oportunidades oferecidas para os alunos construir uma sólida e ampla compreensão dos fenômenos químicos e seus elos com as questões sociais, culturais e econômicas. Essas concepções, práticas e formas de organização das componentes curriculares podem ter sua origem nas fortes influências das visões epistemológicas difundidas nos processos de formação inicial. Os entendimentos empirista-positivistas e suas relações com o método científico; a racionalidade ligada à eficiência técnica e econômica são alguns dos fatores que acabam secundarizando outros aspectos ligados ao meio ambiente (MARQUES *et al.*, 2007), o que tem dificultado a inserção das questões ambientais na formação de professores.

Repensando os paradigmas da Educação Ambiental (EA), e tratando especialmente sobre a Educação em QV, Pitanga (2016) defende a necessidade de uma profunda reformatação no sentido de transformar a química tradicional, arraigada na racionalidade técnica-instrumental e numa racionalização cartesiana

(pensamento linear), com a finalidade de alcançar uma postura sistêmica, complexa e holística (pensamentos paralelos e de objetivos múltiplos). Essa visão epistemológica contemporânea requer dos profissionais da química, e em especial dos docentes, um processo transformador que tocará em estruturas complexas e estáveis, sendo necessário a (des)construção/(re)construção de vários sentidos, comportamentos, atitudes e sentimentos (PITANGA, 2016).

Assim, a Educação em Química Verde (EQV) pode ser vista como uma das formas transversais para tratar as questões ambientais (MARQUES *et al.*, 2013; PITANGA 2015a; 2016; ZANDONAI *et al.*, 2013). A EQV tem sido introduzida nas instituições de ensino brasileiras, especialmente nas de nível superior, na forma de experimentos (ZANDONAI *et al.*, 2013). Mas para a Educação Básica ainda é incomum a introdução da QV e a inserção dos princípios em aulas práticas – não necessariamente experimentos propriamente ditos – que muitas vezes não são abordados em sala de aula, em função de empecilhos que são impostos pelos próprios professores, como a falta de material didático adequado ou a formação inicial insuficiente para abordar tais questões. Assim, diante do contexto aqui exposto, surge a necessidade dos professores de Química na Educação Básica inserir em suas práticas de ensino a QV e seus princípios norteadores, visando auxiliar a formação crítica dos alunos a respeito das preocupações com as questões ambientais, que são emergentes na atualidade (ROCHA; SANTOS; PITANGA, 2017).

Quanto ao ensino de química, a inserção dos princípios nos currículos de formação de profissionais é uma iniciativa que visa garantir uma formação com características interdisciplinares e holísticas, capaz de ultrapassar práticas tecnicistas desenvolvidas no ensino formal, buscando incorporar habilidades que propiciem pensar a QV não como uma divisão da química, mas como paradigma orientador diante da crise mundial, possibilitando aos alunos uma formação para além das questões da química teórica. Conduzam num caminho que lhes garantam estabelecer as interrelações entre as dimensões envolvidas na crise: econômica, política, social, cultural, ambiental e tecnológica (PITANGA; 2015a; PITANGA; ARAÚJO, 2017).

Propostas de Intervenção Didática na Pedagogia: Conhecimento Científico, Criatividade, Criticidade e Colaboração (4Cs).

Idealizar as propostas de intervenção didática em prol da pedagogia: Conhecimento Científico, Criatividade, Criticidade (Pensamento Complexo) e Colaboração (atividades colaborativas) - **4Cs** - tem por objetivo apresentar um referencial teórico para a construção e/ou desenho de atividades que possam ser desenvolvidas nas escolas, e que superem as fadadas e cansativas aulas centradas na figura do professor, nas quais ele expõe repetidas vezes conceitos científicos prontos e acabados, vislumbrando a expectativa de que os alunos possam se apropriar dos conceitos apresentados.

Quanto ao *aspecto dos conteúdos científicos*, esses, por sua vez, são

apresentados de forma estanque, muitas vezes completamente isolados do contexto do alunado, mediante a obrigatoriedade de serem passados em sala de aula a todo custo, justificados pela possibilidade desses ou aqueles conteúdos serem cobrados em exames vestibulares. Na iniciativa de minimizar o distanciamento entre o conteúdo e o contexto dos alunos, muitos professores citam exemplos no decorrer das aulas com o intuito de “contextualizar” o conteúdo. Fato este investigado por Pitanga (2015a) junto a um grupo de professores e cujos resultados possibilitaram inferir que tais práticas em si não promovem a contextualização dos conteúdos científicos, sendo estas concepções dos professores simplistas, pois não passam de exemplificações do cotidiano em sala de situações, culminando em pouca efetividade para os processos de ensino-aprendizagem.

Ao idealizar a proposta de intervenção didática 4C buscamos caminhos que possam superar o instrucionismo, prática ainda fortemente presente e recorrente nas salas de aulas, fundada nos pressupostos psicopedagógicos da transmissão-recepção de conteúdos científicos prontos e acabados, que requerem dos alunos o desenvolvimento de atividades cognitivas de baixa ordem (LOCS), principalmente as que envolvem efeitos mnemônicos.

Outro aspecto que busca justificar a proposta aqui defendida diz respeito à urgente autorreflexão por parte dos professores, em uma espécie de exame de consciência em que os mesmos repensem a importância dos exames vestibulares. Não queremos com isso desmerecer e nem tão pouco desprestigiar-los, mas chamar a atenção para a necessidade de os professores modificarem suas visões sobre a importância dos mesmos, de modo a entender que a aprovação no(s) vestibular(es) é o resultado de bons anos de estudos e dedicação, não sendo esta a única função do Ensino Médio, pois, pelo contrário, como apontam diversos documentos oficiais, o Ensino Médio tem por função a formação para a cidadania.

Ainda tratando do aspecto relativo aos conhecimentos científicos, faz-se necessário repensar o seu caráter enciclopédico, o qual os alunos são obrigados a enfrentar em nome do programa, como são comumente chamadas as componentes curriculares, que são extensas e colocadas para os discentes sem o tempo para a maturação das informações. Tem-se assim um ciclo no qual ao ser encerrado um conteúdo, um novo já deve ser imediatamente iniciado. A partir da análise da formatação de tal prática, e dialogando com Demo (2011), entendemos que o contato pedagógico, assim como ocorre, é insuficiente para que as informações passadas possam ser decodificadas, elaboradas e por consequência gerem aprendizagem.

Podemos observar muitas vezes que determinados conteúdos, como por exemplo da bioquímica, são abordados na biologia durante o primeiro ano do ensino médio, e mais tarde voltam a aparecer na química, durante o terceiro ano. Situação similar ocorre com os fundamentos da termodinâmica, que são abordados na química e na física. O fato é que são tantos conteúdos em tão pouco espaço de tempo, que não é raro ouvir nos discursos dos professores: *mas vocês já viram isso!* Tudo bem, realmente viram, mas essa indagação é inequívoca de que os mesmos não aprenderam aquilo que foi visto. Faz-se imprescindível repensar o ensino médio enciclopédico que está posto, viabilizando a redução do número de conteúdos científicos a serem abordados, para que se oportunize o aumento do contato pedagógico.

Ainda sobre o aspecto dos conteúdos científicos, destacamos a imperatividade da mudança de práticas cotidianas de nossos docentes, que centram suas aulas na exposição dos mesmos. Conforme apontado nas subseções anteriores, existem diversas formas para abordar conteúdos científicos, e a literatura de ensino/educação de ciências/química aponta para a importância da inserção de temas transversais, temas controversos, questões sociocientíficas, temas geradores, temas químicos sociais e, tendo elas em comum a defesa da necessidade da inserção de temas como os supramencionados, pois o desenvolvimento dos mesmos em si, consegue superar as barreiras das práticas voltadas para a discussão de um único conteúdo científico.

A inserção de temas como as questões planetárias, por exemplo, em suas mais diversas formas de abordagem: Educação Ambiental, CTS, Química Verde, entre outras, por serem multidimensionais já carregam consigo a necessidade de além da dimensão científica, quase que obrigatoriamente abordarem as dimensões: econômicas, políticas, saúde, ambiental. Se não todas, algumas delas se fazem necessárias durante as discussões para que os temas possam ser de fato desenvolvidos. Ao abordar as discussões sobre um possível aquecimento global, por exemplo, além de questões que carecem de entendimentos das ciências ambientais, outras dimensões são imprescindíveis nas discussões, como a política e os acordos internacionais sobre o clima; a social e as relações entre produção, consumo e capacidade de carga do planeta.

Quanto ao *aspecto da inserção da criticidade (pensamento complexo)*, ancoramo-nos em Zoller (1993) quando relata que um dos problemas do ensino de ciências centra-se no ensino tradicional, comumente muito formal, pautado na figura do professor, que organiza as atividades em leituras orientadas e focadas na apresentação de uma sequência de fatos e equações que devem ser memorizadas, para em seguida serem reproduzidas pelos alunos. Neste modelo conhecimento é concebido pelos estudantes como um corpo rígido de fatos revelados pela autoridade do professor, ou do livro texto, vistos como o único caminho que conduz ao conhecimento (Zoller, 1993).

O paradigma tradicional tem as suas atividades centradas nas ações do professor em sala de aula, que depois de apresentar os conteúdos científicos, que conforme discutido anteriormente se limita a um cabedal quantitativamente significativo e com pouca profundidade, aposta suas ações na realização de um número expressivo de exercícios, por vezes passando de dezenas de questões a serem repetidas e reproduzidas à exaustão. Se observado, o modelo ora descrito é comumente encontrado nos livros didáticos: uma enormidade de conteúdos, seguido por dezenas de exercícios, muitos deles tendo exames anteriores de vestibulares como as suas principais fontes.

Zoller *et al.* (1995); Zoller, Dori e Lubezky (2002) alertam para a crença de que nossos estudantes, motivados pela apropriação através da instrução, são capazes de construir um entendimento conceitual de alguns conceitos por meio da simples aprendizagem pela aplicação de problemas algorítmicos, ou através da memorização de respostas para questões de habilidades de baixa demanda cognitivas (LOCS).

Lubezky, Dori e Zoller (2004) discutem sobre a importância de uma profunda mudança paradigmática capaz de superar o ensino de ciências centrado em métodos

tradicionais e formais que persistem em desenvolver atividades com LOCS. O futuro requer um ensino que apresente novas técnicas e estratégias de avaliação, de modo que possam contribuir para a inserção de atividades que estimulem o desenvolvimento das habilidades de elevada demanda cognitiva (HOCS).

A aquisição de habilidade de elevada demanda cognitiva (HOCS) por parte dos estudantes deve ser o principal objetivo no ensino de ciências contemporâneo. Estas constituem o núcleo central da tentativa de inserir e aplicar novos métodos de ensino, nos quais são propostos aos estudantes a resolução de situações e problemas complexos, podendo ser reais ou não, como iniciativa de superar o ensino formal de ciências, centrado na resolução de exercícios (ZOLLER *et al.*, 1995; ZOLLER; TSAPARLIS, 1997; ZOLLER, 2001), como por exemplo na abordagem das questões planetárias.

As HOCS envolvem problemas de natureza qualitativa ou quantitativa, não familiares aos estudantes, que requerem em suas soluções mais do que conhecimento e a capacidade da resolução de algoritmos. Para isso são necessárias além do conhecimento teórico, parcialmente ou totalmente, habilidades como: raciocínio, análises, sínteses, capacidade de tomada de decisões, realização de conexões e pensamento crítico (ZOLLER *et al.*, 1995; ZOLLER; DORI; LUBEZKY, 2002; ZOLLER; TSAPARLIS, 1997; TSAPARLIS; ZOLLER, 2003).

É uma modalidade de pensamento que não pode ser atingida por meio de processos mecânicos de aprendizagem, onde os instrumentos metodológicos predominantes são a memorização e a reprodução de fórmulas e conceitos a partir da repetição de intermináveis exercícios. Não se constitui como uma forma de pensamento unidirecional, disciplinar e propedêutico. Seu processo formativo se dá por intermédio da articulação de pensamentos múltiplos e paralelos que conduzem à complexificação dos saberes, proporcionando aos estudantes as ferramentas necessárias para selecionar os conhecimentos que devem utilizar para tomada de decisão em determinada situação.

Para o desenvolvimento dos aspectos da criticidade, ou do pensamento complexo, antes de qualquer coisa deve-se tirar do professor a centralidade das ações. Este deve ser visto e ocupar a posição de dinamizador, organizador das tarefas a serem desenvolvidas. Neste ponto é necessário alertar e criticar as ideias circulantes sobre o protagonismo juvenil, pois estas são passíveis de críticas por conta das concepções superficiais em torno das acepções do termo, limitando protagonismo à capacidade de escolha, e o que é ainda mais preocupante é referir-se tão somente à escolha pela área do conhecimento que o discente futuramente pretende estudar, desconfigurando mais uma vez os objetivos e a importância do Ensino Médio.

As concepções de protagonismo não podem se limitar às ideias de escolhas das áreas de conhecimento que se pretende estudar. Contudo, com base nas concepções predominantes o que observamos é uma antecipação precoce de futuro, visando uma possível inserção na universidade. De modo contrário, defendemos aqui uma concepção de protagonismo fundamentada no entendimento de se referir ao personagem mais importante do processo, ou ainda, aquele que apresenta o papel principal. Tem-se o protagonismo como iniciativa orientada e direcionada para a realização de atividades e tarefas necessárias para que os alunos desenvolvam habilidades relacionadas à tomada de decisão diante

das discussões que versem sobre problemas, preferencialmente reais, dentre os quais as questões planetárias.

A inserção do desenvolvimento da criticidade, fundamentada nas ideias de desenvolvimento do pensamento complexo, visam superar os pensamentos lineares, característicos da modernidade. Buscam eliminar a centralidade da figura do professor, ocupando este a posição de dinamizador, e por fim, apontar para a necessidade de avançar para abordagens que estão além da inserção de conteúdos científicos específicos, e evitar o desenvolvimento de atividades de resoluções de exercícios que priorizam desenvolver habilidades de baixa demanda cognitivas.

Observa-se que a predominância do paradigma tradicional culminou, ao longo do tempo, com sua solidificação em aulas marcadas pela sequência: Exposição oral dos conteúdos científicos, por parte do professor, com fins de passá-los aos alunos, seguida da repetição de exercícios com objetivos mnemônicos. Sendo esta sequência passível de questionamentos, e com vistas a superar esse tipo prática, apresentamos aqui algumas reflexões sobre a *inserção do aspecto da Criatividade* na pedagogia 4Cs.

Trataremos a questão da criatividade tendo como objeto os métodos de ensino propostos para atividades em sala de aula, com vistas a superar o ensino tradicional. O professor no seu cotidiano, ao se deparar com a difícil tarefa de pensar e elaborar as atividades que serão inseridas em sala de aula, tem por obrigação refletir sobre os métodos que pretende trabalhar. Neste sentido, a criatividade se insere na expectativa de propor tarefas que permitam aos alunos expor ideias, concepções, visões e representações. Assim, nas práticas do professor a criatividade deve estar direcionada para os alunos mais especificamente para ampliar o desenvolvimento de diversas habilidades entre eles.

Porém, quanto a este aspecto, numa perspectiva que se aproxima das discussões conceituais, trazemos à baila as reflexões de Böhm¹⁸ (2005, *apud.* RIBEIRO; MORAES, 2014, p. 152) ao discorrer sobre a criatividade e o pensamento complexo:

Uma descrição da criatividade que converge para esse novo olhar, quando o autor a concebe como um processo de criação que se identifica com uma estrutura sistêmica e totalizante, transcendendo o modo disciplinar e abrangendo outras áreas que extrapolam o limite de que convencionalmente se estabelece para uma proposta de investigação. [...] quando argumenta que o ato criativo não decorre de um simples *insight*, mas da capacidade

¹⁸ BÖHM, David. *On Creativity*. London and New York: Routledge, 2005.

de enxergar ordens que já são conhecidas *a priori* e podem ser ressignificadas. A criatividade envolve, portanto, essa acuidade do olhar no sentido de perceber diferenças similares, as quais constituirão legitimamente a nova organização que será criada, gerando novas estruturas em todas as dimensões e espaços, inclusive, mentais e na natureza.

E assim complementa Ribeiro e Moraes (2014, p. 153):

Em linha com essa nova ordem, não se pode continuar a definir a criatividade com a simplicidade que emerge de todas as direções, uma vez que ela se encontra imersa em um foco de percepção que pelo próprio caráter de totalidade harmônica já implica a compreensão de uma nova leitura da realidade, novo olhar, um olhar complexo e transdisciplinar.

Quem de nós, na condição de estudantes, nunca se deparou com a obrigação de resolver em casa centenas de exercícios que nos pareciam intermináveis? E nós professores, quantos de nós não acreditamos, ou acreditávamos, que o sucesso de aprendizagem seria obtido com a repetição desses exercícios? Como se pode observar, temos uma situação peculiar. Diante da contestação de fatos, o aspecto da criatividade busca incentivar e apresentar propostas de atividades que devem e podem ser realizadas em sala de aula.

Não se trata de apresentar um novo método ou um aplicativo. Para além disso, o objetivo é resgatar atividades já conhecidas e reivindicar que as mesmas sejam realizadas em sala de aula. Com fins de estimular, desenvolver e aperfeiçoar diversas habilidades que superem a execução de cálculos e a memorização de conceitos, permitindo a construção e elaboração do pensamento complexo.

Tomamos aqui como ponto de análise a importância do desenvolvimento da escrita, com ênfase na produção textual, prática que tanto os alunos têm frequente dificuldade. De acordo com Rivard e Straw (2000), a realização de tarefas escritas envolve diferentes estratégias cognitivas para o processamento e a codificação de informações. Tarefas como falar, definir ou descrever, requerem dos alunos aprendizagens simples, ou ainda a utilização isolada de determinado conceito por um breve espaço de tempo (LOCS). Entretanto, tarefas de análise, como explicações de situações do mundo real, demandam dos alunos conexão e integração em rede para a aplicação de conceitos científicos (HOCS).

Segundo Rivard e Straw (2000), investigadores demonstram que as atividades escritas estimulam formas abstratas do pensamento, sendo uma poderosa ferramenta por estimular o desenvolvimento de trabalho acerca de um tema, executado de modo mais refinado. Não obstante, salientam ainda a importância do desenvolvimento de atividades colaborativas, onde além da escrita, a fala também seja desenvolvida, por gerar, esclarecer, compartilhar e socializar ideias.

O discurso oral é divergente, flexível e requer um pequeno esforço cognitivo, já o escrito é convergente, mais focalizado e requer uma maior demanda cognitiva do escritor. A escrita tem se mostrado como importante instrumento cognitivo, que traz evidências do aumento da retenção do conhecimento co-construído com o tempo. Assim, estratégias instrucionais que objetivam trabalhar concomitantemente, falas (ideias) com a escrita, tendem a aumentar a aprendizagem mais do que uma delas

implementadas sozinha (OLIVEIRA; CARVALHO, 2005).

Quanto aos desenhos, estes são classificados como linguagem não-verbal e, de acordo com Derdyk (2003), traduzem uma visão a partir de um pensamento que revela um conceito. Para Baptista (2009), os desenhos são imagens, representações das realidades interpretadas pelos indivíduos como praticantes de uma determinada cultura. Já em Chartier¹⁹ (1990) *apud* Baptista (2009), eles são representações que atribuem sentido ao mundo pelas percepções dos atores sociais nas relações sociais, históricas e culturais onde os mesmos estão inseridos.

Os desenhos desempenham importante papel na construção das representações sociais. O seu simbolismo representa uma das mais remotas formas de comunicação do homem, sendo antecedente da fala e da escrita. Nos tempos atuais, entre outras funções, os desenhos são utilizados em pesquisas sobre o desenvolvimento da inteligência, da cognição de atividades afetivas e motoras, bem como no ambiente social e cultural das crianças. São instrumentos úteis para analisar as informações acerca do que a pessoa sente, vê e pensa sobre o mundo, fazendo-se aqui apropriada a máxima: *Uma imagem vale mais que mil palavras!* (SCHWARZ *et al.*, 2016).

Os desenhos permitem revelar, de maneira explícita, como sujeitos constroem significações para determinado tema ou conteúdo de ensino, sendo ainda ferramentas pouco exploradas no ensino de ciências (BAPTISTA, 2009; SCHWARZ *et al.*, 2016). Eles devem ser utilizados para estimular a criatividade dos alunos, mas também podem servir como instrumentos de coleta de dados em pesquisas a serem desenvolvidas em sala de aula.

A combinação do uso de desenhos com a escrita pode oportunizar a inserção de diversas atividades produtivas em sala de aula, tais como: a produção de cartazes, folders, revistas em quadrinhos, painéis, jornalzinho, panfletos, entre outros. Estas possibilidades além de solicitar dos alunos o conhecimento científico a respeito do que está sendo abordado, também suscita o desenvolvimento da criatividade e de outras habilidades, contexto no qual salientamos o fato de os alunos exercerem seu protagonismo, na condição de personagens principais.

Por fim, apresentamos o quarto C, que é a **Colaboração, ou atividades colaborativas**. Mas qual o intuito da sua inserção? Um dos fundamentos modernos é a declaração de que todos os cidadãos são livres. Não discordamos da liberdade das pessoas, pelo contrário, defendemos veementemente todas as formas de liberdades individuais. Contudo, o que se pôde observar ao longo da história da humanidade foi que a liberdade acabou, fortuitamente, subvertida às ideias do individualismo, quando fez as pessoas acreditarem que um futuro próspero se deve, exclusivamente, ao seu esforço individual.

¹⁹ CHARTIER, R. A história cultural: entre práticas e representações. Lisboa: DIFEL; Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1990.

As pessoas devem entender que vivem em comunidades e que para ter um futuro prospero, onde as liberdades individuais sejam garantidas, não se pode pensar em conviver em espaços competitivos. De modo contrário, a supremacia do pensamento capitalista voraz, infelizmente acabou por cristalizar concepções nas quais as pessoas reduzem o individualismo à ideia de competição. E, em todos os espaços sociais, por vezes de forma impensada, notam-se facilmente elementos de uma insana competitividade.

Nos países desenvolvidos, a tendência é para um individualismo exacerbado, o que acarreta, conseqüentemente, uma competitividade cada vez maior – isso pode ser constatado nos postos de trabalho e no meio universitário. Essa visão de mundo traz consigo o isolamento e a deterioração das relações sociais. A lenta desintegração da vida em comunidade e a necessidade de auto-afirmação estão acontecendo, paradoxalmente, num momento em que as pressões econômicas-sociais estão a exigir maior cooperação e envolvimento entre os indivíduos (Goleman, 2007, p. 19).

Ainda em Goleman (2007), quando apresenta e discute a importância das contribuições de Gardner relacionadas com a multiplicidade de inteligências, ele sumariza as inteligências inter e intrapessoal, conforme breve transcrição abaixo:

Inteligência interpessoal é capacidade de compreender outras pessoas: o que os motiva, como trabalham, como trabalhar cooperativamente com elas. As pessoas que trabalham com vendas, políticos, professores, clínicos e líderes religiosos bem-sucedidos provavelmente são todos indivíduos com alto grau de inteligência interpessoal. A inteligência intrapessoal (...) é uma aptidão correlata, voltada para dentro. É uma capacidade de formar um modelo preciso, verídico, de si mesmo e poder usá-lo para agir eficazmente na vida (Gardner²⁰, *apud* Goleman, 2007, p. 63).

No âmago da inteligência interpessoal, que inclui a capacidade de discernir e responder adequadamente ao humor, temperamento, motivação e desejo de outras pessoas. Concebendo-a como a chave do autoconhecimento, inclui em seu entendimento o contato com nossos próprios sentimentos, e a capacidade de discriminá-los e usá-los para orientar o

²⁰ Gardner, H. *Multiples Intelligences: The theory in Practices*. Nova York: Basic Books, 1993.

comportamento. Gardner reconhece como essas habilidades, emocionantes e relacionais, são cruciais no corpo-a-corpo da vida, sendo a capacidade de entender os outros e de agir com sabedoria nas relações humanas (Goleman, 2007).

Defendemos que as escolas estejam aptas para apresentarem os mais diversos objetivos, que possam ir além das habilidades e competências associadas com a aquisição de conhecimentos científicos. O cotidiano escolar é o espaço onde as pessoas convivem dezenas de anos, podendo ser para muitas delas o local onde terão, ao longo de suas vidas, o maior contato com outras pessoas. E, nesse aspecto, a escola também é responsável pelo desenvolvimento de habilidades socioeducativas e socioemocionais.

Recorremos a um exemplo exitoso sobre a importância da colaboração quando sobrelevamos as atividades desenvolvidas durante os anos de pré-escola. Os primeiros anos de escolarização merecem destaques por serem um período onde as crianças estão imersas em locais altamente estimulantes, e marcados pelo desenvolvimento de atividades colaborativas. As crianças cantam, dançam, correm e participam juntas das mais variadas atividades recreativas, que além de garantir a aquisição de conhecimento, permitem que as mesmas se socializem. Com este exemplo, queremos afirmar que elas participam cotidianamente de tarefas que ocorrem em grupos, conforme se preconiza nas atividades colaborativas.

Com o passar dos anos de escolarização estas atividades são abandonadas passando a predominar as dinâmicas pedagógicas tradicionais, fundadas no modelo psicopedagógico de transmissão e recepção, no qual o professor se coloca na posição central da sala de aula, tendo como principal função a exposição de conteúdos científicos. E esta dinâmica acaba por fortalecer o individualismo e a competição entre as crianças e os jovens, tornando o espaço de sala de aula um ambiente meritocrático.

Quanto maior os anos de escolaridade, menor o número de inteligências que passam a ser exploradas. Esta inferência traz consigo consequências como a predominância de três dos oito tipos propostos por Gardner, a saber: *Inteligência Linguística* (associada com a utilização de palavras de forma efetiva, quer queira oralmente ou de forma escrita); *Inteligência lógico-matemática* (relacionada com a utilização efetiva de números e fórmulas para raciocinar bem, como na atuação de estatísticos, matemáticos, contadores, etc.); *Inteligência corporal-cinestésica* (perícia no uso do corpo para expressar ideias e sentimentos, assim como capacidades proprioceptivas, táteis e hápticas). Neste aspecto, apresentamos uma criação de Smole (1999) ao apontar uma perspectiva dinâmico-interativa e interrelacional que as múltiplas inteligências estabelecem entre si. É inequívoca a necessidade de considerar as individualidades, no sentido que, espontaneamente, algumas pessoas tendem a desenvolver mais uma inteligência do que outra. Porém, é função do ambiente escolar propor atividades diversificadas que estimulem ao máximo o desenvolvimento das diversas inteligências.

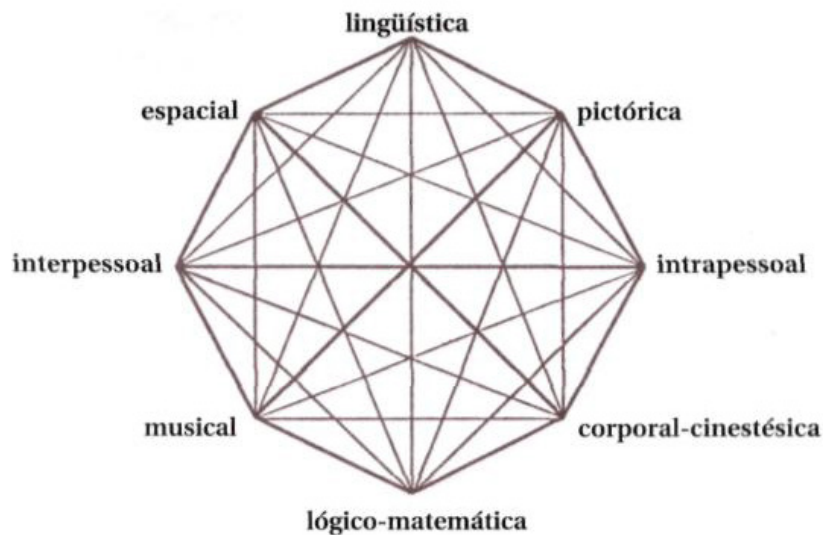


Figura 5 - Perspectiva dinâmico-interativa e inter-relacional das múltiplas inteligências.

Fonte: Smole (1999).

Quanto ao aspecto colaborativo e sua relação com a inteligência interpessoal, nos fundamentados em Smole (1999) quando afirma que essa inteligência deve ser estimulada de modo que diversas habilidades possam ser desenvolvidas, entre elas: relacionar-se bem; comunicar-se bem; apreciar atividades em grupo; gostar de cooperar; formar e manter relações sociais; mostrar habilidades para mediar e organizar um grupo em torno da realização de uma atividade (Smole, 1999).

Nesse aspecto, é papel fulcral da escola proporcionar uma educação centrada no indivíduo, e não individualista, que se distancie ao máximo da concepção simplista de protagonismo enquanto ideia vinculada com a possibilidade de escolha. Concepção essa que reduz o ensino médio a um mero veículo/instrumento de passagem cujo propósito é o ingresso no ensino superior, o que não é. Esses apontamentos se fundam na expectativa de olhar o aluno por inteiro, e não apenas como uma cabeça que se desenvolve linguista e matematicamente (Smole, 1999). Por fim, devemos nos orientar com base no que infere Smole (1999, p. 27 - 28):

O que se propõe é a criação de um ambiente positivo, que incentive os alunos a imaginar soluções, explorar possibilidades, levantar hipóteses, justificar seu raciocínio e validar suas próprias conclusões. [...] O ambiente da sala de aula pode ser visto como uma oficina de trabalho de professores e alunos, um espaço estimulante e acolhedor, de trabalho sério, organizado e alegre.

Defendemos a inserção do aspecto da colaboração, pois, em sua dimensão pedagógica, objetiva colocar o aluno em condição ativa diante do desenvolvimento das próprias inteligências. Aprender é uma atividade mental que requer fenômenos contínuos e constantes de desconstrução e reconstrução dos conhecimentos adquiridos, que depende muito mais do desempenho do

aluno do que mesmo do professor. Então, é imprescindível que a centralidade das ações deva ser exercida pelos alunos e, por mais que se possa acreditar que as pessoas aprendem sozinhas, e realmente podem aprender, as pesquisas de inteligência emocional apontam que o aprendizado é mais duradouro, mais significativo e mais prazeroso quando este ocorre em comunidade.

Na dimensão metodológica apontamos para algumas atividades que podem/devem ser realizadas em grupos. Quanto a este aspecto, é necessário que o professor, na condição de dinamizador, articule e divida as salas em pequenos grupos de 4 e 5 alunos, com temas e tarefas bem definidas, a exposição de um cronograma constando datas, atividades e os seus prazos de realização. Ressaltamos mais uma vez que o professor deve ocupar a posição de dinamizador e orientador para a realização das tarefas. O desenvolvimento de cada etapa deve passar por sua averiguação, sendo oportuno colaborar com sugestões e propor medidas corretivas em prol de alcançar os objetivos inicialmente traçados.

Por fim, o professor deve sugerir a realização de atividades de socialização e discussão das propostas que foram realizadas. Nesse momento, os vários grupos deverão expor em sala de aula o itinerário percorrido na realização de suas atividades, descrevendo as principais informações coletadas e os resultados que foram alcançados. Esse procedimento deve ser complementado pela discussão em grupo e, ao final, o professor deve mediar o debate com intuito de propor esclarecimentos e possíveis correções, caso sejam necessárias.

No tocante à dimensão axiológica, objetivamos inicialmente desconstruir a concepção simplificada e limitada, que reduz a liberdade humana ao individualismo. O homem é um ser social e bem como defende Vygotsky, a aprendizagem deve se dar através das relações sociais que são estabelecidas. Ainda nessa dimensão, outro aspecto importante diz respeito à formação de valores, os quais só se concretizam quanto compartilhamos regras comuns que regem as dinâmicas sociais. O respeito às normas e regras, civilidade, gentilezas, companheirismo, entre outras, são atitudes que podem e devem ser estimuladas nas escolas através da realização de atividades colaborativas.

Refletindo sobre o pensamento complexo e as práticas educativas, Almeida (2014) aponta a importância da contextualização no ensino. Fundada nas ideias de complexidade, apresenta o princípio hologramático como norte epistêmico na defesa da inserção da contextualização. Para a autora, a contextualização articula as partes e o todo, relaciona-os possibilita contextualiza-los, sendo uma maneira de resistir ao estilhaçamento cognitivo ao qual estamos submetidos. Conforme este entendimento, a contextualização permite que objetos do conhecimento possam adquirir sentido e pertinência para os alunos. Tal ação estimula o conhecimento conjuntivo através do estímulo e da proposição de atividades inventivas e elaboração do conhecimento, que não se restringem a um programa pré-estabelecido (ALMEIDA, 2014), como as componentes curriculares que formam as disciplinas escolares. Compartilhando desta compreensão, enxergamos na inserção de temas transversais um veículo frutífero para trabalhar de modo contextualizado os conteúdos regulares.

Quando o professor insere temas em sala de aula, estes, por natureza, não estão restritos a discussão de um só conteúdo científico, e menos ainda a apenas uma determinada área do conhecimento. Eles são amplos, complexos,

interdependentes e multidimensionais, e dentro desse espectro podem ser propostas atividades das mais variadas possíveis. Com relação ao aspecto criativo da dinâmica de intervenção didática, outras atividades podem ser sugeridas, tais como: produção de vídeos, documentários, novela, fotonovelas. Estas, entre outras, demandam a utilização de ferramentas da informática para que as mesmas sejam editadas, estimulando o desenvolvimento de um número ainda maior de habilidades, as quais estarão combinadas com aspectos lúdicos.

Outra ferramenta que tem despertado nosso interesse no desenvolvimento de pesquisas que permitam ser incorporadas nas atividades escolares é o uso da experimentação. Esta tem sido defendida como um recurso pedagógico importante para auxiliar na construção de conceitos. Ela é encarada como um processo de questionamento, discussão e validação de argumentos, por meio do diálogo oral e escrito, com uma comunidade argumentativa que começa e transcende a sala de aula. Aliada ao uso de temas, como as diversas questões ambientais, motiva e ajuda os alunos a compreender e elaborar tanto os conhecimentos científicos quanto os pensamentos complexos (PITANGA; NEPOMUCENO; ARAÚJO, 2017).

Para a adaptação de metodologias a partir do uso de materiais de fácil aquisição ou alternativos, partilhamos da compreensão de Gonçalves e Marques (2006) ao afirmarem que seu uso está além da superação das dificuldades materiais, rompendo com o estereótipo da necessidade de um espaço físico laboratorial para o desenvolvimento desse tipo de atividade. Para o autor, elas se apresentam como um fator contributivo para a criatividade, deve levar em consideração os cuidados com a integridade física dos participantes e os resíduos químicos gerados.

Gonçalves e Marques (2006) ainda argumentam que a atividade experimental com materiais alternativos, como assim denominam, possibilita a aproximação com o cotidiano dos alunos. Dialogando com Silva *et al.* (2009), apontamos que esta iniciativa alicerça-se num entendimento de contextualização voltada para o desenvolvimento de atitudes e valores com vistas à formação do cidadão crítico, buscando melhorar sua capacidade de atuação na sociedade, rompendo com a hegemonia em que os conteúdos ensinados não estão limitados à dimensão conceitual, devendo incluir procedimentos e atitudes.

A figura 6, a seguir, procura retratar as dinâmicas que predominam nas salas de aulas tradicionais. Estas podem ser vistas como produtos das Armadilhas Paradigmáticas, que trazem elementos de uma lógica binária, unilateral, centradas na aprendizagem mecânica dos conteúdos científicos.

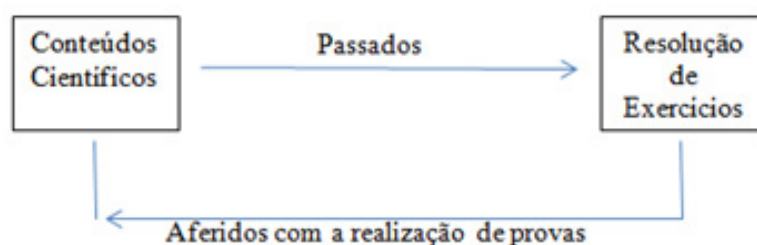


Figura 6 - Figura ilustrativa das dinâmicas predominantes em salas de aula devido as influências do pensamento moderno.

Numa perspectiva analógica, fundada nas ideias do pensamento complexo e visando superar a lógica binária, elemento do pensamento moderno, propomos uma ilustração (figura 7) que visa representar os fundamentos da pedagogia 4Cs, sempre objetivando superar as visões modernas.

Diferentemente da figura 6, que exprime uma dinâmica binária fundada nos pressupostos do pensamento moderno, a figura 7 foi idealizada com base no pensamento complexo, o referencial da pedagogia 4Cs foi pensado na perspectiva da inclusão do um terceiro elemento, fundado na lógica ternária. Assim, defende a inserção do aspecto da criatividade e da colaboração como realidade que necessita ganhar espaço em aulas de ciências.

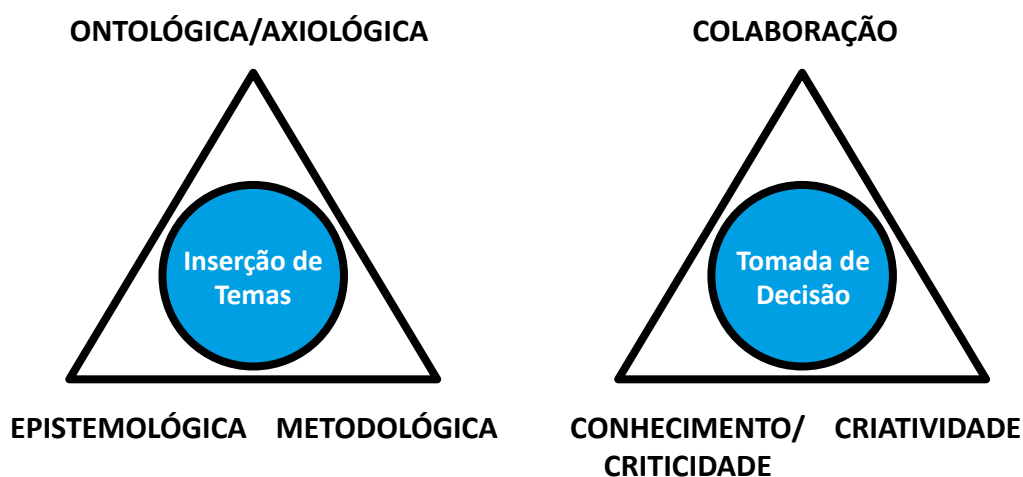


Figura 7 - Figura ilustrativa da dinâmica de intervenção de 4C, construída com base nas ideias do pensamento complexo.

Essa inserção foi pensada de modo que outras formas de linguagem e representações possam fazer parte do cotidiano das aulas das chamadas ciências exatas. Diversas formas de expressão, além dos cálculos, podem ser requeridas, e assim estamos reivindicando, e desde já exemplificando, que músicas, desenhos, pinturas, produções textuais das mais diversas, devam fazer parte das atividades dos discentes durante as aulas.

Em suma, trazemos na figura 8 algumas representações que foram meticulosamente pensadas durante a elaboração do livro, e que especificamente o sintetiza na sua capa.



Figura 8 - Figuras que buscam ilustrar duas formas de pensamento: a da esquerda linear, e a da direita de pensamentos múltiplos.

A figura da esquerda tem a intenção de representar o pensamento linear, de fundamento moderno, onde o docente espera que todos os alunos apresentem respostas uniformes e idênticas, pois fundamenta suas aulas na memorização dos conceitos científicos. Já a figura da direita busca entender que pessoas diferentes possuem vivências diferentes, e isso influencia no processo de aprendizagem. Propositadamente, a figura correspondente aos pensamentos múltiplos confere balões em cores, tamanhos e formas diferentes.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Cleide Rita Silvério de. É possível exercer uma prática educativa baseada no pensamento complexo? In. Moraes, Maria Cândida; Suanno João Henrique. (Org). *O Pensar Complexo na Educação: Sustentabilidade, Transdisciplinaridade e Criatividade*. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2014, p. 137-146.

ANASTAS, P.T.; KIRCHHOFF, M.M. Origins, Current Status, and Future Challenges of Green Chemistry. *Accounts of Chemical Research*, v. 35, n. 9, p. 686 – 694, 2002.

ARIAS, M.A. Educación, medio ambiente y sustentabilidad. *Revista Investigación Educativa*, n. 10, p. 1-11, enr./jun. 2010.

BACHELARD, G. *A formação do espírito Científico: Contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro: Contraponto, 9ª Reimpressão, 1996.

BAPTISTA, G.C.S. Os desenhos como instrumento para investigação dos conhecimentos prévios no ensino de ciências: um estudo de caso. In: VII Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências, VII ENPEC, Florianópolis, SC: UFSC, 2009.

BATALLOSSO, Juan Miguel. Educación, transdisciplinariedad y pensamiento ecosistémico: uma aproximación a la práctica. In. Moraes, Maria Cândida; Suanno João Henrique. (Org). *O Pensar Complexo na Educação: Sustentabilidade, Transdisciplinaridade e Criatividade*. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2014, p. 43-92.

BEHRENS, M.A.; OLIARI, A.L.T. A evolução dos paradigmas na Educação: Do pensamento Científico Tradicional à complexidade. *Revista Diálogo Educacional*, v. 7, n. 22, p. 53-66, set./dez., 2007.

BERNARDES, M.B.J; PRIETO, E.C. Educação Ambiental: Disciplina versus Tema transversal. *Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, v. 24, p. 173-185, jan./jul. 2010.

BOTELHO, A.C.R. *Teologia na Complexidade: Do Racionalismo teológico ao Desafio Transdisciplinar*. 2007, Tese (Doutorado em Teologia), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

BRASIL, *Ministério da Educação*. Resolução de n. 2, do Conselho Nacional de Educação, de 15 de Junho de 2012 – Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental, 2012.

_____, *Ministério da Educação*. Parâmetros Curriculares Nacionais: Introdução aos Parâmetros Curriculares Nacionais, Secretária de Educação Fundamental, Brasília, 1997.

BRAUN, B.; CHARNEY, R.; CLARENS, A.; FARRUGIA, J.; KITCHENS, C.; LISOWSKI, C.; NAISTAT, D.; O'NEIL, A. Completing Your Education: Green Chemistry in the Curriculum. *Journal of Chemical Education*, v. 83, n. 8, p. 1126–1129, ago. 2006.

BRECHT, B. *Vida de Galileu*. In: _____. Teatro 5. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1978.

BORGES, A.T. Novos Rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. v, 19, n. 3, p. 291 – 313, dez. 2002.

BUENO, G.M.G.B.; FARIAS, S.A.; FERREIRA, L.H. Concepções de Ensino de Ciências no início do século XX: O olhar do educador alemão Georg Kerschensteiner. *Ciência & Educação*. v. 18, n.2, p. 435 – 450, 2012.

CABRAL, Giovana; PERREIRA, Guilherme Reis. *Ciência, Tecnologia e Sociedade I*. Natal: EDUFRN, 2012.

CAPRA, Frijot. *O ponto de Mutação: A Ciência, a sociedade e a cultura emergente*. 30. ed, São Paulo: Cultrix, 2012.

CARVALHO, Isabel Cristina de Moura. *Educação ambiental: A formação do sujeito ecológico*. 6. ed, São Paulo: Cortez, 2012.

_____, Educação Ambiental Crítica: Nomes e endereçamentos da Educação. In. LAYRARGUES, Philippe Pomier (Coor). *Identidades da Educação Ambiental brasileira*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004, p.13 – 24.

CARVALHO, C.H.; CARVALHO, L.B.O.B. O positivismo e o pensamento educacional de Durkheim. *Filosofia e Educação*. v. 14, n. 27/28, p. 81 – 88, jan/jun e jul/dez. 2000.

COIMBRA, José de Ávila Aguiar. Considerações sobre Interdisciplinaridade. In. PHILIPPI Jr. Arlindo; TUCCI, Carlos E. Morelli; HOGAAN, Daniel Joseph; NAVEGANTES, R. (Org). *Interdisciplinaridade em Ciências Ambientais*. São Paulo: Signus, 2000. p. 52-70.

COSTA, R.G.; PASSERINO, L.M.; ZARO, M.A. Fundamentos teóricos do processo de formação de conceitos e suas implicações para o ensino e aprendizagem de química. *Revista Ensaio*. v. 14, n. 01, p. 271 - 281, 2012.

CHRISPINO, A. O enfoque CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade e Seus Impactos no Ensino. *Revista Tecnologia & Cultura*, Rio de Janeiro, Ano 10, nº 13, p. 7–17, 2008.

DELIZOICOV, D.; AULER, D. Alfabetização Científico-tecnológica para quê? *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 3, n. 1, jun., 2001.

DEMO, Pedro. *Outra Universidade*. Jundiaí: Paco editorial, 2011.

DERDYK, Edith. *Formas de pensar o desenho*. São Paulo: Scipione, 2003.

DUPAS, Gilberto. *O mito do Progresso*. São Paulo: UNESP, 2006.

FARIAS, L.A.; FÁVARO, D.I.T. Vinte anos de Química Verde: Conquistas e Desafios. *Química Nova*, v. 31, n. 6, p. 1089–1093, 2011.

FARIA, C.R.O.; FREITAS, D. Um projeto socioambiental para o currículo: problematizações e perspectivas para a educação superior. *e-cadernos Ces [online]*, n. 2, p. 1 – 13, 2008.

FERREIRA, J.L.; CARPIM, L.; BEHRENS, M.A. Do paradigma tradicional ao paradigma da complexidade: um novo caminhar na educação profissional. *Boletim Técnico do SENAC a Revista da Educação Profissional*, Rio de Janeiro, RJ, v.36, n.1, p.51-59, jan./abr., 2010.

FREITAS, M. Educação Ambiental e/ou Educação para o Desenvolvimento Sustentável? Uma análise centrada na realidade portuguesa. *Revista Iberoamericana de Educación*, n. 41, p. 133 – 147, 2006.

GALIAZZI, M.C.; ROCHA, J.M.B.; SCHMITZ, L.C.; SOUZA, M.L.; GIESTA, S.; GONÇALVES, F.P. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: A pesquisa coletiva como modelo de formação de professores de ciências. *Ciência & Educação*, v, 7, n.2, p. 249 – 263, 2001.

GERHARD, A.C.; ROCHA FILHO, J.B. A fragmentação dos saberes na educação científica escolar na percepção de professores de uma escola de ensino médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v.17, n.1, p.125-145, 2012

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. *Química Nova na Escola*, n. 10, p. 43 – 49, 1999.

GOLEMAN, Daniel. *Inteligência Emocional: A teoria revolucionária que define o que é ser inteligente*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2007.

GONÇALVES, F.P.; MARQUES, C.A. Contribuições Pedagógicas e Epistemológicas em textos de experimentação no Ensino de Química. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 11, n. 2, p. 219-238, 2006.

GRÜN, Mauro. *Ética e Educação Ambiental: Uma conexão necessária*. Campinas: Papirus, 1996.

GUIMARÃES, Mauro. *Educadores ambientais em uma perspectiva crítica: reflexões em Xerém*. 2003. 179f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

_____, *A formação de Educadores Ambientais*. Campinas: Papirus, 2004.

_____, *A formação de educadores ambientais*. 8. ed. São Paulo: Papirus, 2011.

_____, Por uma Educação Ambiental Crítica na Sociedade Atual. *Revista Margens Interdisciplinar*, v. 7, n. 9, p. 11-22, 2013.

HJERESSEN, D.L.; SCHUTT, D.L.; BOESE, J.M. Green Chemistry and Education. *Journal of Chemical Education*, v. 77, n. 12, p. 1543–1547, dez. 2000.

ISKANDAR, J.I.; LEAL, M.R. Sobre Positivismo e Educação. *Revista Diálogo Educacional*, Curitiba. v. 3, n.7, p. 88 – 94, set/dez. 2002.

JAPIASSU, Hilton. *Como Nasceu a Ciência Moderna – E as Razões da Filosofia*. Rio de Janeiro: Imago, 2007.

KUHN, Thomas S. *A estrutura das revoluções científicas*. 10ª ed. São Paulo: Perspectiva, 2011.

LAMBACH, M.; MARQUES, C. A.. Estilos de pensamento de professores de Química na educação de jovens e adultos (EJA) do Paraná em processo de formação permanente. *Revista Ensaio*, Belo Horizonte, v. 16, n. 01, p. 85 – 100, Jan/Abr. 2014.

LAYRARGUES, Philippe Pomier. Apresentação: (RE) Conhecendo a Educação Ambiental Brasileira. In. LAYRARGUES, Philippe Pomier (Coor). *Identidades da Educação Ambiental brasileira*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004, p. 7-9.

_____, Educação para a Gestão Ambiental: a cidadania no enfrentamento político dos conflitos socioambientais. In. LOUREIRO, Carlos Frederico Bernardo; LAYRARGUES, Philippe Pomier; CASTRO, Ronaldo Souza de (orgs). *Sociedade e Meio Ambiente: A educação em debate*. 7 ed. São Paulo: Cortez, 2012, p. 89 – 156.

LAYRARGUES, P.P.; LIMA, G.F.C. Mapeando as macro-tendências político-pedagógicas da educação ambiental contemporânea no Brasil. In: VI Encontro de Pesquisa em Educação Ambiental, 2011, Ribeirão Preto-SP. *Anais...* Ribeirão Preto-SP, 2011. p. 1-15.

_____, As macro-tendências político-pedagógicas da Educação Ambiental brasileira. *Ambiente & Sociedade*, São Paulo, v. XVII, n. 1, p. 23 – 40, jan/mar, 2014.

LEAL, A.L.; MARQUES, C.A. O conhecimento químico e a questão ambiental na formação docente. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 29, p. 30-33, 2008.

LEFF, Enrique. *Racionalidade Ambiental: A reapropriação Social da natureza*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006.

_____, *Epistemologia Ambiental*. 5ª ed. São Paulo: Cortez, 2010.

_____, *Saber Ambiental: Sustentabilidade, Racionalidade, Complexidade e Poder*. 9ª ed. Petropolis, Ed. Vozes, 2012.

LEITE, R.F.; RODRIGUES, M.A. Educação Ambiental: Reflexões sobre a prática de um grupo de professores de Química. *Ciência & Educação*, v. 17, n. 1, p. 145 – 161, 2011.

LENARDÃO, E.J.; FREITAG, R.A.; DABDOUD, M.J.; BATISTA, A.C.F.; SILVEIRA, C.C. “Green Chemistry” – Os 12 princípios da Química Verde, e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. *Química Nova*, v. 26, n. 1, p. 123–129, 2003.

LINSINGEN, I.V. CTS na Educação tecnológica: Tensões e desafios. In: I Congresso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS+I. p. 1 – 13, Madrid, Espanha, 2006.

LOUREIRO, Carlos Frederico Bernardo. Educação Ambiental Transformadora. In. LAYRARGUES, Philippe Pomier (Coor). *Identidades da Educação Ambiental brasileira*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004, p. 65 – 84.

_____, *Sustentabilidade e Educação um olhar da ecologia política*. São Paulo: Cortez, 2012b.

_____, Teoria Social e Questão Ambiental; pressupostos para uma práxis crítica em educação ambiental. In. LOUREIRO, Carlos Frederico Bernardo; LAYRARGUES, Philippe Pomier; CASTRO, Ronaldo Souza de. (Orgs). *Sociedade e Meio Ambiente: A educação em debate*. 7 ed. São Paulo: Cortez, 2012a, p. 17 – 54.

_____, Educação ambiental e Epistemologia Crítica. *Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, v. 32, n. 2, p. 159-176, jul./dez., 2015.

LUBEZKY, A., DORI, Y.J., ZOLLER, U. HOCS-Promoting assessment of students’ performance on environment-related undergraduate chemistry. *Chemistry Education: Research and Practice*, v. 5, n. 2, 175-184, 2004.

MACHADO, Adélio Alcino Sampaio Castro. *Introdução às Métricas da Química Verde: Uma visão sistêmica*. Florianópolis: Editora UFSC, 2014.

_____, Da gênese ao ensino da Química Verde. *Química Nova*, v. 34, n. 3, p. 535–543, 2011.

_____, Das dificuldades da Química Verde aos segundos doze princípios. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, v. 110, p. 33–40, jul./set. 2008.

_____, Dos primeiros aos segundos doze princípios da Química Verde. *Química Nova*, v. 35, n. 6, p. 1250–1259, 2012.

_____, Métricas da Química Verde – A produtividade atômica. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, v. 107, p. 47–55, out./dez. 2007.

_____, Química e Desenvolvimento Sustentável. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, v. 95, p. 59–67, 2004.

MACHADO, Michelle Jordão; NASCIMENTO Patrícia Limaverde; LEITE. Os operadores cognitivos do pensar complexo na docência universitária: possibilidades e desafios. In: Moraes, Maria Cândida; Suanno João Henrique. (Org). *O Pensar Complexo na Educação: Sustentabilidade, Transdisciplinaridade e Criatividade*. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2014, p. 211-231.

MARIOTTI, Humberto. *Pensamento complexo: suas aplicações à liderança, à aprendizagem e ao desenvolvimento sustentável*. São Paulo: Atlas, 2007.

_____, *Ciência cognitiva e experiência humana. Cognitivismo, conexionismo e ciência cognitiva: suas implicações éticas*. 2000. Disponível em www.humbertomariotti.com.br, acesso em 10/04/17.

MARQUES, C.A.; GONÇALVES, F.P.; ZAMPORIM, E.; COELHO, J.C.; MELLO, L.C.; OLIVEIRA, P.R.S.; LINDERMAN, R.H. Visões de Meio Ambiente e suas Implicações pedagógicas no ensino de Química na escola Média. *Química Nova*, v. 30, n. 8, p. 2043 – 2052, 2007.

MARQUES, C.A.; SILVA, R.M.G.; GONÇALVES, F.P.; FERNANDES, C.S.; SANGIOGO, F.A.; REGIANI, A.M. A abordagem de questões ambientais: Contribuições de formadores de professores de componentes curriculares da área de Ensino de Química. *Química Nova*, v. 36, n. 4, p. 600 – 606, 2013.

MARSULO, M.A.G.; SILVA, R.M.G. Os métodos científicos como possibilidade de construção de conhecimentos no ensino de ciências. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 4, n. 3, 2005.

MORAES, Maria Cândida. *Ecologia do Saber: complexidade, transdisciplinaridade e educação – novos fundamentos para iluminar novas práticas educacionais*. São Paulo: Antakarana/ WHH – Willis Harman House, 2008.

_____, *Educação, aprendizagem e cidadania no século XXI*. Petrópolis: Vozes: 2004.

_____, Educação e Sustentabilidade: Um olhar complexo e transdisciplinar. In. Moraes, Maria Cândida; Suanno João Henrique. (Org). *O Pensar Complexo na Educação: Sustentabilidade, Transdisciplinaridade e Criatividade*. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2014, p. 21-42.

MORAIS, Regis. *Educação, Mídia e Meio-ambiente*. Campinas: Alínea, 2004.

MORIN, Edgar. *A cabeça Bem-feita: Repensar a Reforma, Reformar o pensamento*. 8ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

_____, *Educação e Complexidade: Os sete saberes e outros ensaios*. 4ª ed. Cortez: 2007.

_____, *Introdução ao Pensamento Complexo*. 4 ed. Porto Alegre: Sulina, 2011.

MORIN, Edgar; CIURANA, Emílio-Roger; MOTTA, Raúl Domingo. Educar na Era planetária: *O pensamento complexo como Método de aprendizagem no erro e na incerteza humana*. São Paulo: Cortez, 2003.

MORIN, Edgar; KERN, Anne Brigitte. *Terra-Pátria*. 2ª ed. Porto Alegre: Sulina, 1995.

MÜHL, Eldon Henrique. *A crise da modernidade inacabada e os desafios da educação contemporânea*. São Paulo: Autores Associados, 2008, p. 109.

NICOLESCU, Basarab. *O manifesto da Transdisciplinaridade*. São Paulo: Trion, 2001.

OLIVEIRA, C.M.A.; CARVALHO, A.M.P. Escrevendo em aulas de Ciências. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 3, p. 347-366, 2005.

OLIVEIRA, Aline Lima. *A Perspectiva Participativa para a Inserção da Educação Ambiental Crítica em Escolas da Baixada Fluminense*. 2012, 143 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Instituto de Educação/Instituto Multidisciplinar, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica/Nova Iguaçu, 2012.

OLIVEIRA, A.L.; GUIMARÃES, M. Da Práxis Participativa à Educação Ambiental Crítica: análises de propostas formativas de educadores ambientais da baixada fluminense. *Revista Tempos e Espaços em Educação*, n.8, p. 11-39, jan./jun. 2012.

PEREIRA, J.B.; CAMPOS, M.L.A. M.; NUNES, S.M.T.; ABREU, D.G. Um panorama sobre a abordagem ambiental no currículo de cursos de formação inicial de professores de Química da região sudeste. *Química Nova*, v. 32, n. 2, p. 511 – 517, 2009.

PITANGA, A.F. O enfrentamento da crise socioambiental: Um diálogo em Enrique Leff sobre a racionalidade e o saber ambiental. *Revista Eletrônica no Mestrado em Educação Ambiental*, v. 32, n. 1, p. 158 – 171, 2015a.

_____, *A inserção das Questões Ambientais no Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Sergipe*. 2015b, 200f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2015b.

_____, Crise da Modernidade, Educação Ambiental, Educação para o Desenvolvimento Sustentável e Educação em Química Verde: (Re)Pensando Paradigmas. *Revista Ensaio*, Belo Horizonte, v. 18, n. 3, p. 141-159, set./dez., 2016.

PITANGA, A.F.; NEPOMUCENO, A.L.O.; ARAÚJO, M.I.O. Entendimentos e Práticas de Ensino de Professores Universitários em Educação Ambiental. *Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, v. 34, n. 1, p. 270-289, jan./abr., 2017.

PITANGA, A.F.; ARAÚJO, M.I.O. Concepções de práticas de professores universitários sobre Química Verde. *Revista Electrónica Enseñanza de las Ciencias*. n. extraordinário, p. 2393-2397, 2017.

PORRA-CONTRERAS, Y.A. Representaciones sociales de la crisis ambiental en la profesores de química. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 22, n. 2, p. 431-449, 2016.

PORTO, Paulo Alves. História e Filosofia da Ciência no ensino de Química. In. SANTOS, Wildson Luiz P. dos; MALDANER, Otavio Aloisio. (org.). *Ensino de Química em Foco*. 1 ed. Ijuí: Unijuí 2010, p. 159 – 180.

PRADO, A.G.S. Química Verde, os desafios da Química no novo milênio. *Química Nova*, v. 26, n. 5, p. 738–744, 2003.

PRAIA, J.F.; CACHAPUZ, A.F.C.; GIL-PÉREZ, D. Problema, teoria e observação em ciência: Para uma reorientação epistemológica da educação em ciência. *Ciência & Educação*, v. 8, n. 1, p. 127 – 145, 2002.

RIBEIRO, Olzeni L. Costa; Moraes, Maria Cândida. Criatividade sob a perspectiva da complexidade e da transdisciplinaridade. In. Moraes, Maria Cândida; Suanno João Henrique. (Org). *O Pensar Complexo na Educação: Sustentabilidade, Transdisciplinaridade e Criatividade*. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2014, p. 147-170.

RIVARD, P.L., STRAW, S.B. The Effect of talk and writing on learning science: An exploratory study. *Science Education*, v. 84, n. 5, p. 566-583, 2000.

ROCHA, L.B.; SANTOS, B.L.S.R. Análise de Concepções de Discentes do Curso de Licenciatura sobre Química Verde. *Reveq: Revista vivências em Educação Química*, v. 3, n. 1, p. 38-53, 2017.

ROLOFF, F.B.; MARQUES, C.A. A abordagem de Questões Ambientais em disciplinas de Licenciaturas em Química: enfoques e perspectivas segundo seus formadores. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, 16. 2012, Salvador. *Anais...Salvador: UFBA*, 2013. Disponível em: <<http://www.portalseer.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/viewFile/7610/5410>>. Acesso em: 12 ago. de 2013.

_____, Questões Ambientais na voz dos formadores de professores de Química em disciplinas de cunho ambiental. *Química Nova*, v. 37, n. 3, p. 549 – 555, 2014.

ROSA, C.W.; ROSA, A.B. Discutindo as concepções epistemológicas a partir da metodologia utilizada no laboratório didático de Física. *Revista Ibero-americana de Educação*, v, 6, n. 52, p. 1-11, 2010.

SANTOS, Milton. *Por uma outra globalização – Do pensamento único à consciência universal*. Rio de Janeiro: Record, 5ª ed, 2001.

SANTOS, Boaventura de Souza. *Um discurso sobre as ciências*. São Paulo: Cortez, 2003.

SANTOS, A. Complexidade e Transdisciplinaridade em educação: Cinco Princípios para resgatar o elo perdido. *Revista Brasileira de Educação*, v. 13, n. 37, jan./abr. 2008.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; GALIAZZI, Maria do Carmo; PINHEIRO JUNIOR, Edi Morales; SOUZA, Moacir Langoni de; PORTUGAL, Simone. O enfoque CTS e a Educação Ambiental: Possibilidades de “ambientalização” da sala de aula de Ciências. In. SANTOS, Wildson Luiz P. dos; MALDANER, Otavio Aloisio. (org.). *Ensino de Química em Foco*. 1 ed. Ijuí: Unijuí 2010, p. 131–158.

SANTIN FILHO, O.; TSUKADA, V. K.; CEDRAN, J. C. O indutivismo ingênuo nas atividades experimentais iniciais de curso de graduação em Química: o experimento da vela. *Filosofia da Ciência e Ensino*, v. 2, p. 48 – 75, 2010.

SAUVÉ, Lucie. Uma cartografia das correntes em Educação Ambiental. In. SATO, Michele; CARVALHO, Isabel. (Org). *Educação Ambiental, pesquisas e desafios*. 1 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005, p. 17 – 44.

SCHWARZ, M.L.; HERRMANN, T.M.; TORRI, M.C.; GOLDBERG, L. “Chuva, como te queremos!”: representações sociais de águas através dos desenhos de crianças pertencentes a uma região rural semiárida do México. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 22, n. 3, p. 651-669, 2016.

SEVERINO, Antônio Joaquim. Bacon: a ciência como conhecimento e domínio da natureza. In. CARVALHO, I.C.M.; GRÜN, M.; TRAJBER, R. (Org). *Pensar o ambiente: Bases filosóficas para a Educação Ambiental*. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade, UNESCO, p. 49 – 60, 2006.

SILVA, Daniel José da. O paradigma Transdisciplinar: uma perspectiva metodológica para a pesquisa ambiental. In. PHILIPPI Jr. Arlindo; TUCCI, Carlos E. Morelli; HOGAAN, Daniel Joseph; NAVEGANTES, R. (Org). *Interdisciplinaridade em Ciências Ambientais*. São Paulo: Signus, 2000. p. 71-94.

SILVA, F.M.; LACERDA, P.S. B.; JONES JUNIOR, J. Desenvolvimento Sustentável e Química Verde. *Química Nova*, v. 28, n. 1, p. 103–110, 2005.

SILVA, R.T.; CURSINO, A.C.T.; AIRES, J.A.; GUIMARÃES, O.M. Contextualização e experimentação uma análise dos artigos publicados na seção “Experimentação no Ensino de Química” da Revista Química Nova na Escola 2000-2008. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 11, n. 2, p. 245-261, 2009.

SILVINO, A.M.D. Epistemologia Positivista: Qual a sua influência hoje? *Psicologia Ciência e Profissão*, v. 27, n. 2, p. 276 – 289, 2007.

SMOLE, Kátia Cristina Stocco. *Múltiplas inteligências na Prática Escolar*. Brasília: Ministério da Educação, Secretária de Ensino a Distância, 1999.

SUANNO, Maria Vanessa Rosa. Em busca da compreensão do conceito de transdisciplinaridade. In. Moraes, Maria Cândida; Suanno João Henrique. (Org). *O Pensar Complexo na Educação: Sustentabilidade, Transdisciplinaridade e Criatividade*. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2014, p. 99-127.

TANG, S.L.Y.; SMITH, R.L.; POLIAKOFF, M. Principles of Green Chemistry: PRODUCTIVELY. *Green Chemistry*, v. 7, p. 761–762, 2005.

TSAPARLIS, G.; ZOLLER, U. Evaluation of higher vs. Lower-order cognitive skills-type examinations in chemistry: implications for university in-class assessment and examinations. *University Chemistry Education*, v. 7, n. 2, p. 50-57, 2003.

TOZONI-REIS, Marília Freitas de Campos. *Educação Ambiental: Natureza, Razão e História*. 2.ed. Campinas: Autores Associados, 2008.

_____, Educação Ambiental: Referências teóricas no Ensino Superior. *Interface, Comunicação, Saúde, Educação*, v. 5, n. 9, p. 33 – 50, 2001.

TOZONI-REIS, M.F.C. Temas Ambientais como “temas geradores”: contribuições para uma metodologia educativa ambiental crítica, transformadora e emancipatória. *Educar Curitiba*, n. 27, p. 93 – 110, 2006.

WEBER, Max. *A ética Protestante e o “Espírito” do Capitalismo*. 12ª Reimpressão, São Paulo, Ed. Companhia das Letras, 2004.

WINTERTON, N. Twelve more Green Chemistry Principles. *Green Chemistry*, v. 3, p. 73–81, 2001.

ZANDONAI, D.P.; SAQUETO, K.C.; ABREU, S.C.S.R.; LOPES, A.P.; ZUIN, V.G. Química Verde e Formação de Profissionais no campo da Química: relato de uma experiência didática para além do laboratório de ensino. *Revista Virtual de Química*, v. 6, n. 1, p. 73-84, 2013.

ZOLLER, U. Are lecture and learning compatible? Maybe for LOCS: Unlikely for HOCS. *Journal of Chemical Education*, v. 70, n. 3, p. 195-197, 1993.

ZOLLER, U. The Challenge for Environmental Chemistry Educators. *Environmental Science & Pollution Research*, v. 8, n. 1, p. 4, 2001.

ZOLLER, U.; LUBEZKY, A.; NAKHLEH, M. B.; TESSIER, B.; DORI, Y. J. Success on Algorithmic and LOCS vs. Conceptual Chemistry Exam Questions. *Journal of Chemical Education*, v. 72, n. 11, p. 987-989, 1995.

ZOLLER, U.; DORI, F.Y.; LUBEZKY, A. Algorithmic, LOCS and HOCS (chemistry) exam questions: Performance and attitudes of college students. *International Journal of Science Education*, v. 4, n. 2, p. 185-203, 2002.

ZOLLER, U.; TSAPARLIS, G. Higher and Lower-order Cognitive Skills: The Case of chemistry. *Research in Science Education*, v. 27, n. 1, p. 117-130, 1997.

ZUIN, V.G. Trajetórias em Formação Docente: Da Química Verde à Ambientalização Curricular. In: REUNIÃO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM EDUCAÇÃO. 31. Caxambu, 2008. *Anais...* ANPED, 2012. Disponível em: <<http://31reuniao.anped.org.br/1trabalho/GT22-5012--Int.pdf>>. Acesso em 26 de out. 2013.

ZUIN, Vânia Gomes. *A inserção da Dimensão Ambiental na Formação de Professores de Química*. 1. ed. Campina: Átomo, 2011.

“A Formação de Professores: Pensamentos múltiplos e paralelos buscando superar as visões epistemológicas modernas, de Ângelo Francklin Pitanga é uma dessas ações de resistência e combate. Trazer à tona as carências de diálogos, de interdisciplinaridade, de colaboração entre docentes, multiplicidade de pensamentos, difusão do conhecimento e de superação de visões epistemológicas de nossa formação docente, são abordados pelo autor na visão de um professor com formação em Licenciatura em Química, Mestrado em Química e Doutorado em Educação. É justamente no pensamento múltiplo que o autor supera as visões epistemológicas modernas e explora temas como Educação Ambiental e Química Verde, tendo o pensamento complexo como norte filosófico, e a prática dos 4 Cs para exemplificar seu pensamento, que são: Conhecimento Científico, Criticidade, Criatividade e Colaboração. Os 4Cs que Ângelo Francklin Pitanga estabelece, demonstra uma postura compatível com a multiplicidade de pensamentos, que tem como premissa criar uma teia de conhecimentos e compartilhamentos de saberes.”

Dr. Homero Gomes de Andrade



INSTITUTO FEDERAL
Sergipe

PROPEX
Pró-Reitoria de Pesquisa e Extensão

