

A COMPLEXIDADE DE SABERES: UM ESTUDO DO GPACT¹

The Complexity of Knowledge: A Study of GPACT

Elaine Ferreira Machado²
Ingrid Aline de Carvalho Ferrasa³
Awdry Feisser Miquelin⁴

Resumo: A complexidade dos saberes busca, na atualidade, elaborar quadros mais sistêmicos a partir daquilo que foi fragmentado e promoveu uma separação entre as Ciências da Natureza e as Ciências Humanas. Nesse sentido, este artigo investigou as relações entre os saberes da arte, ciência e tecnologia, realizadas pelo Grupo de Pesquisa em Arte, Ciência e Tecnologia (GPACT). O estudo teve como objetivo compreender como o GPACT promove a complexidade e a colaboração entre diferentes campos do conhecimento, bem como apresentar as produções de integração desses saberes nas pesquisas realizadas pelo grupo e projetar possibilidades para novas pesquisas. Utilizando uma metodologia de revisão de literatura em bancos de teses, dissertações e bases de dados de pesquisa, este artigo analisou as contribuições quantitativas e qualitativas do GPACT. Como resultado, verificou-se que desde a concepção até sua atuação na escola básica, na graduação e na pós-graduação, o grupo explorou o viés da complexidade em ensino, pesquisa e extensão, contribuindo para a formação de estudantes e de professores em uma educação integradora.

Palavras-chave: Arte. Ciência. Tecnologia. Grupo de Pesquisa. Ensino de Ciências.

Abstract:

The complexity of knowledge currently seeks to develop more systemic frameworks based on what was fragmented and which promoted a separation between natural sciences and human sciences. In this sense, this article investigated the relationships between art, science and technology knowledge carried out by the Art, Science and Technology Research Group (GPACT). The study aimed to understand how GPACT promotes complexity and collaboration between different fields of knowledge, as well as to present both the integration of this knowledge in research carried out by the group and possibilities for new research. Using literature review methodology in thesis, dissertations and research databases, this article analyzed the quantitative and qualitative contributions of GPACT. As a result, it was found that, from the conception of the group to its performance in basic schools, undergraduate and

¹ GPACT – Grupo de Pesquisa em Arte, Ciência e Tecnologia.

² Doutora em Ensino de Ciência e Tecnologia, Professora na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), membro do GPACT; Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8074-7192>. Email: elainefmachado@utfpr.edu.br.

³ Doutora em Ensino de Ciência e Tecnologia, Professora na Secretaria de Educação do Estado do Paraná e da Universidade Estadual do Paraná (UEPG), membro do GPACT; Orcid <https://orcid.org/0000-0003-4038-0469>. Email: ingridferrasa@gmail.com.

⁴ Doutor em Ensino de Ciência e Tecnologia, Professora na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Coordenador do GPACT; Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7459-3780>. Email: awdry@utfpr.edu.br.

postgraduate studies, it presented several proposals in terms of complexity in teaching, research and extension, contributing to the training of students and teachers in integrative education.

Keywords: Art. Science. Technology. Research Group. Science Teaching.

1 Introdução

A perspectiva de trabalho envolvendo a tríade Arte, Ciência e Tecnologia é um grande desafio, tanto epistemológico quanto prático. Na relação do episteme, temos o trânsito necessário pelo conhecimento das três áreas, e além delas, suas origens pautadas pelos campos da história, da filosofia e da sociologia. Portanto, a racionalidade envolvida propõe uma investigação e um estudo intenso acerca dos entes teóricos que possibilitam a ligação entre os saberes envolvidos para um determinado tema escolhido.

Complementando esse desafio, a dimensão prática é igualmente complexa, pois envolve primeiramente o rompimento com os elementos formativos clássicos que os sujeitos de pesquisa vivenciaram e, em segundo lugar, a boniteza e a criatividade necessárias à pesquisa para o desenvolvimento de metodologias e estratégias diferenciadas que estabeleçam subsídios para o transcorrer de processos voltados ao ensino e aprendizagem complexo que envolvam satisfatoriamente a perspectiva entre Arte, Ciência e Tecnologia.

Neste contexto desafiador é que surgiram as bases para o Grupo de Pesquisas em Arte, Ciência e Tecnologia (GPACT) no ano de 2009, com a participação efetiva de membros em 2016. A episteme do grupo confunde-se com a aventura de pesquisa ao transitar, inicialmente, pela análise de telas do pintor romântico do século XVIII Joseph Wright of Derby (1734-1797) e pela obra de ficção científica *Fundação*, de Isaac Asimov, na perspectiva da Ciência, Tecnologia e Sociedade. Dez anos depois, após várias produções, projetos de mestrado e financiamentos, o GPACT foi oficializado como grupo de pesquisas no CNPq, consolidando assim seu papel como grupo desenvolvedor de investigações de Arte, Ciência e Tecnologia voltado ao ensino e aprendizagem para a Escola Básica e o Ensino Superior.

O objetivo deste trabalho, portanto, foi analisar as produções do GPACT neste período de dez anos, de forma a apresentar um panorama de possibilidades da interação investigativa e prática entre Arte, Ciência e Tecnologia, procurando apontar possibilidades e caminhos para novas pesquisas nesse sentido. Ao analisar os avanços e limites do GPACT, espera-se traçar possibilidades dessa perspectiva na formação inicial e continuada de professores e pesquisadores na esfera da complexidade educacional.

2 A tríade Arte, Ciência e Tecnologia no GPACT

Quando nos referimos à tríade Arte, Ciência e Tecnologia, em um primeiro momento, há a necessidade de compreender as bases da complexidade em um mundo em que estamos acostumados a olhar para o conhecimento de maneira fragmentada. Prigogine (2009) mostra-nos que a ciência é um diálogo entre a humanidade e a natureza e, na busca pelo conhecimento, em muitos momentos homens e mulheres dialogam com a sociedade das mais variadas formas, conectando saberes tanto na busca, como na expressão do conhecimento.

Para Morin (2003), mesmo num século de ciência fragmentada, não faz mais sentido isolar e separar o conhecimento. Ao realizar a fragmentação dos saberes, estamos impedindo a apropriação da ciência enquanto produção humana, desvinculando-a do seu contexto histórico

e cultural. Dessa forma, o autor propõe um pensamento que permita unir, ligar, associar, relacionar as partes ao todo e o todo às partes.

Segundo Silveira (2018), desde o surgimento da Filosofia na Grécia, por volta do século VI a.C., quando o mundo ocidental começou a distinguir a razão do misticismo, até o século XIX, com o advento do Positivismo, os conhecimentos científicos e artísticos estiveram estreitamente ligados. O breve período de separação, de cerca de 200 anos, parece estar terminando. Ciência, arte, tecnologia e Filosofia – ou seja, raciocínio lógico, criatividade, desenvolvimento técnico e capacidade de reflexão e abstração – têm mais sentido quando estão conectados e são cada vez mais essenciais em um mundo cada vez mais complexo.

Assim, à educação do século XXI, cabe um movimento de unir as partes em um todo, mostrando aproximações entre os conhecimentos da arte, da ciência e da tecnologia em um pensamento da complexidade. Para Cachapuz (2020, p. 5), “do que se trata é uma educação que visa a formação do cidadão com uma nova relação com o conhecimento, permitindo-lhes dar sentido, unidade e coerência à diversidade das suas representações e experiências no mundo”. Nesse sentido, a proposição de estudos ACT (Arte, Ciência e Tecnologia) tem contribuído para exercícios da complexidade no ensino e na aprendizagem das Ciências da Natureza, como já foi evidenciado em pesquisas, justamente porque se trata de um pensamento que rompe as barreiras disciplinares, não cultua a especialização, mas em cada especificidade, permite religar o conhecimento ao seu contexto (Morin, 2005).

Silveira (2022) destaca que hoje, nas escolas e universidades, já vivemos com nativos transdisciplinares capazes de conciliar experiências práticas com o uso das tecnologias, o raciocínio científico e a criatividade artística, sem as convencionais barreiras disciplinares. Isso faz com que venhamos a pensar em novas propostas de pensamento para uma geração que já pensa sem barreiras nas disciplinas. A esse pensamento, Morin (2005) denomina “pensamento complexo”. Para ele, trata-se de uma maneira de compreender a realidade de forma multidimensional, reconhecendo a interconexão e a interdependência entre os diversos elementos que a compõem. Essa abordagem contrapõe-se ao pensamento reducionista que fragmenta a realidade em partes isoladas e busca explicá-la através de leis universais.

No GPACT, esse pensamento complexo, desenvolvido desde o início das pesquisas que originaram o grupo, busca religar áreas do conhecimento em seus pontos de convergência e dialogar com pontos divergentes, construindo um conhecimento problematizador e dialógico, considerando que o conhecimento não se reduz à ciência, à tecnologia ou às artes, mas permite a comunicação entre elas. Para Morin (2005), trata-se de transformar o conhecimento em pensamento da complexidade.

Ainda segundo Morin (2005), não podemos pensar na complexidade como uma solução mágica para todos os problemas ocasionados pela fragmentação dos saberes nos últimos dois séculos. Ao contrário, o objetivo da complexidade é reconciliar as conexões fragmentadas pelas divisões entre disciplinas, categorias cognitivas e tipos de conhecimento. A busca pela complexidade visa alcançar um conhecimento multidimensional. O intuito não é fornecer todas as informações sobre um fenômeno específico, mas respeitar suas diversas dimensões. Como mencionado anteriormente, não podemos esquecer que o ser humano é um ser biológico, social e cultural, e que os fenômenos sociais são simultaneamente econômicos, culturais, psicológicos, e artísticos, entre outros aspectos.

Nos estudos embasados no pensamento complexo, buscam-se caminhos diversos que, de acordo com o que é defendido por Rosnay (2013), mostram-nos que a abordagem sistêmica e analítica são complementares e permitem o exercício da lógica do conhecimento. Ao abordar quadros analíticos, precisamos também trazer os quadros sistêmicos ao ensino da complexidade

nessa tríade da Arte, Ciência e Tecnologia. Assim, o pensamento complexo na tríade é uma abordagem que reconhece a interconectividade e a interdependência entre essas três áreas, promovendo uma compreensão mais holística e integrada do mundo. Ao invés de tratá-las como campos isolados, o pensamento complexo considera que suas interações criam significados, inovações e compreensões, seja no ensino ou na pesquisa.

Outro fator importante leva em consideração a formação dos professores. Para Cachapuz (2020), o principal desafio reside na formação de professores, tanto no aspecto inicial quanto continuado. Para o autor, é crucial investir em uma formação inicial que ofereça oportunidades nas disciplinas de metodologias de ensino das ciências e práticas pedagógicas, tanto no estudo quanto na implementação de experiências inovadoras com estudantes e futuros professores. Essas experiências devem envolver professores experientes que possam ajudar a mediar processos com outros colegas das escolas e, por isso, essa tarefa deve ser uma parceria entre pesquisadores e professores, como se apresenta no âmbito do GPACT.

3 O GPACT e suas pesquisas em um viés da complexidade

O Grupo de Pesquisa em Arte, Ciência e Tecnologia (GPACT) foi idealizado no ano de 2009. As primeiras atividades que deram as bases para o que seria futuramente o grupo foram os estudos da obra de Joseph Wright e a obra *Fundação*, de Isaac Asimov. Esses primeiros estudos resultaram em publicações de artigos no ano de 2014, tais como “Joseph Wright, Pibid e a formação de professores de Física: algumas reflexões pertinentes” e a “Medição da trilogia *Fundação* como possível parâmetro para análises do determinismo tecnológico no Ensino de Ciências”, que contou com a colaboração de pesquisadores externos ao GPACT.

No ano de 2016, ocorreu a fundação do GPACT, com a participação de professores pesquisadores a nível de mestrado e doutorado na UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná). Em 2019, o GPACT foi sistematizado no PPGECT da UTFPR e no CNPq, consolidando várias publicações que aproximam teoria e prática nas áreas de Arte, Ciência e Tecnologia, voltadas para o ensino básico e superior, a partir de duas linhas de pesquisa principais: Estudos teóricos entre Arte, Ciência e Tecnologia; e Relações teórico-práticas entre Arte, Ciência e Tecnologia.

Formado essencialmente por professores da escola básica, o grupo teve um projeto de desenvolvimento aprovado com fomento no edital Nº 05/2019 – Programa Ciência na Escola (chamada individual) e participou do edital MCTIC/CNPq Nº 05/2019 – Programa Ciência na Escola.

Além disso, os trabalhos do GPACT têm promovido a nucleação de outros desenvolvimentos, como a peça teatral *Maria e os Insetos*, inspirada em um trabalho do grupo e contando com a consultoria de uma de suas pesquisadoras no ano de 2020. Além disso, houve também o artigo publicado na revista *Science Education*, intitulado “Mary Shelley's Frankenstein: Dialogs between Fiction and Science Teaching (2022)”, produto de reflexões do GPACT sobre o ensino de ciências, literatura e bioética em processos tecnológicos no ensino da escola básica.

As pesquisas desenvolvidas pelo grupo, desde sua concepção, trazem a abordagem do pensamento complexo de Edgar Morin e colaboradores. São pesquisas cujo intuito é “religar saberes” até então fragmentados em nossos currículos escolares. Por isso, em um pensamento mais sistêmico buscam-se relações de complementaridade nas abordagens educacionais, pois:



A razão complexa já não concebe em oposição absoluta, mas em oposição relativa, isto é, também em complementaridade, em comunicação, em trocas, os termos até ali antinômicos: inteligência e afetividade; razão e desrazão. *Homo* já não é apenas *sapiens*, mas *sapiens/demens* (Morin, 2005, p. 168).

A partir dessa ideia, o GPACT é composto por diversos pesquisadores e pesquisadoras da UTFPR e de outras instituições de ensino superior em diferentes áreas, dedicados essencialmente a estudos e investigações na interface das relações entre Arte, Ciência e Tecnologia. No grupo, são desenvolvidos trabalhos de Iniciação Científica, Trabalhos de Conclusão de Curso, Dissertações de Mestrado, Teses de Doutorado, projetos de pesquisa e de extensão que resultam em interações e produtos científico-educacionais para a Escola Básica e o Ensino Superior, empregando o pensamento complexo como base teórica para suas investigações.

A abordagem do GPACT é influenciada pelas ideias do pensamento complexo articuladas por Edgar Morin (2005). Morin enfatiza a necessidade de um pensamento complexo e dialógico, no qual duas lógicas ou princípios distintos unem-se sem perder suas identidades individuais e possibilitam que o homem seja compreendido como um ser “unidual”, ao mesmo tempo inteiramente biológico e inteiramente cultural. Esse conceito de complexidade é central para o trabalho do GPACT, uma vez que os fenômenos estudados são simultaneamente científicos, artísticos e tecnológicos.

4 Procedimentos da pesquisa

A pesquisa realizada sobre as produções do Grupo de Pesquisas em Arte, Ciência e Tecnologia (GPACT) deu-se por meio de uma abordagem metodológica mista, combinando técnicas quantitativas e qualitativas para oferecer uma visão das atividades e dos resultados obtidos pelo grupo. Esse método é particularmente eficaz para captar a complexidade inerente às interações entre Arte, Ciência e Tecnologia – áreas que o GPACT vem investigando ao longo dos tempos.

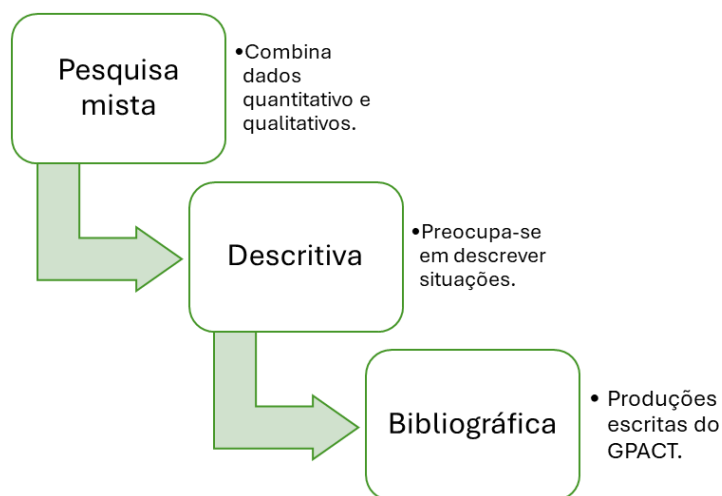
Para Creswell (2007), a pesquisa mista envolve a coleta, a análise e a integração de dados qualitativos e quantitativos em um desenho convergente que combina dados para responder à mesma pergunta de pesquisa. Nesse caso, examina-se de que maneira o GPACT contribui para práticas reflexivas no viés da complexidade para e na formação docente.

Além disso, utilizou-se a pesquisa bibliográfica como procedimento da pesquisa com objetivo descritivo. Na pesquisa bibliográfica, as produções do GPACT foram analisadas a fim de localizar os resultados e as discussões referentes aos estudos. Para Kauark (2010), a pesquisa bibliográfica caracteriza-se por ser elaborada a partir de materiais já publicados, tais como livros, artigos de periódicos, capítulos de livros, teses, dissertações, peças teatrais e publicações em eventos científicos de ensino de ciências.

Cabe ressaltar que a pesquisa mista se relaciona com o objetivo da pesquisa descritiva, pois concentra-se em descrever os fenômenos através dos significados manifestados e, nesse caso, os documentos produzidos ao longo dos trabalhos do GPACT. Além disso, no caso de um procedimento de pesquisa bibliográfica, Mattar *et al.* (2021, p. 127) afirmam que “a pesquisa bibliográfica pode ser considerada um tipo específico de pesquisa documental, que envolve especialmente documentos como artigos científicos, dissertações, teses, capítulos e livros”. Assim, na Figura 1, temos o desenho da pesquisa:



Figura 1 — desenho da pesquisa



Fonte: Os autores (2024).

Para a análise dos dados, a opção foi pela Análise Temática. Para Braun e Clarke (2006), essa é uma metodologia qualitativa que permite identificar, analisar e relatar padrões ou temas dentro de dados qualitativos. Esse método é amplamente aplicado para organizar e descrever dados em detalhes e, frequentemente, vai além disso para interpretar vários aspectos do tema de pesquisa. O processo de análise temática envolve várias etapas, a saber: familiarização com os dados, geração de códigos iniciais, busca por temas, revisão dos temas, definição e nomeação dos temas, e finalmente a produção do relatório.

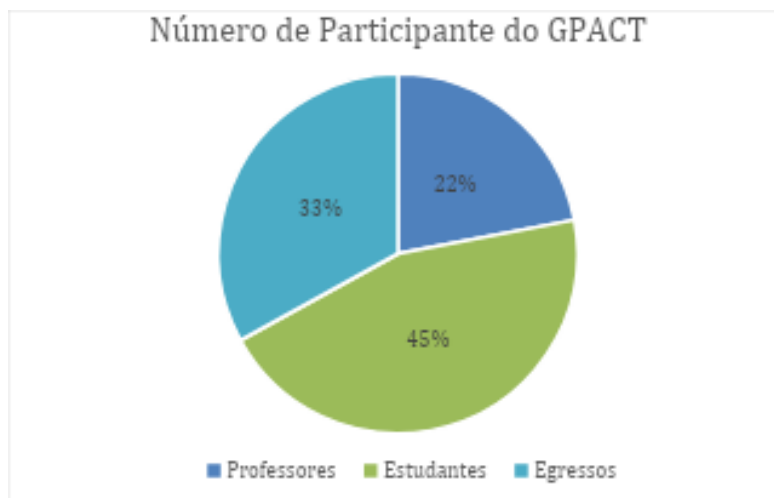
A combinação dessas abordagens metodológicas permitiu trazer resultados e discussões sobre as contribuições do GPACT de forma a oferecer uma compreensão aprofundada de seu impacto e alcance na interface entre Arte, Ciência e Tecnologia, além de destacar seu papel fundamental na formação docente e na promoção de práticas educativas relacionadas ao pensamento da complexidade.

5 Discussão dos resultados das pesquisas do GPACT

Concebido em 2016 e, oficialmente registrado no Diretório Geral dos Grupos de Pesquisa no Brasil (DGP) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) em 2019, o GPACT conta hoje com 11 (onze) professores de diferentes instituições de ensino superior, 22 (vinte e dois) estudantes ativos e 16 (dezesesseis) egressos que já tiveram contribuição no grupo, como podemos observar na Figura 2:



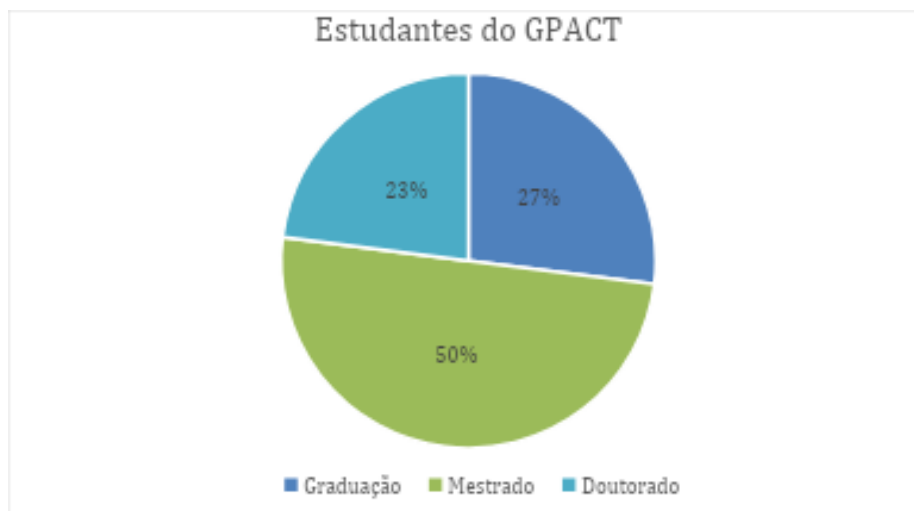
Figura 2 — Membros do GPECT



Fonte: DGP/CNPq (2024).

Todos os professores pesquisadores do GPECT têm doutorado. Quanto aos participantes do grupo, há estudantes de mestrado, doutorado e de graduação que realizaram IC (Iniciação Científica), como podemos ver na Figura 3:

Figura 3 — Formação dos estudantes do GPECT

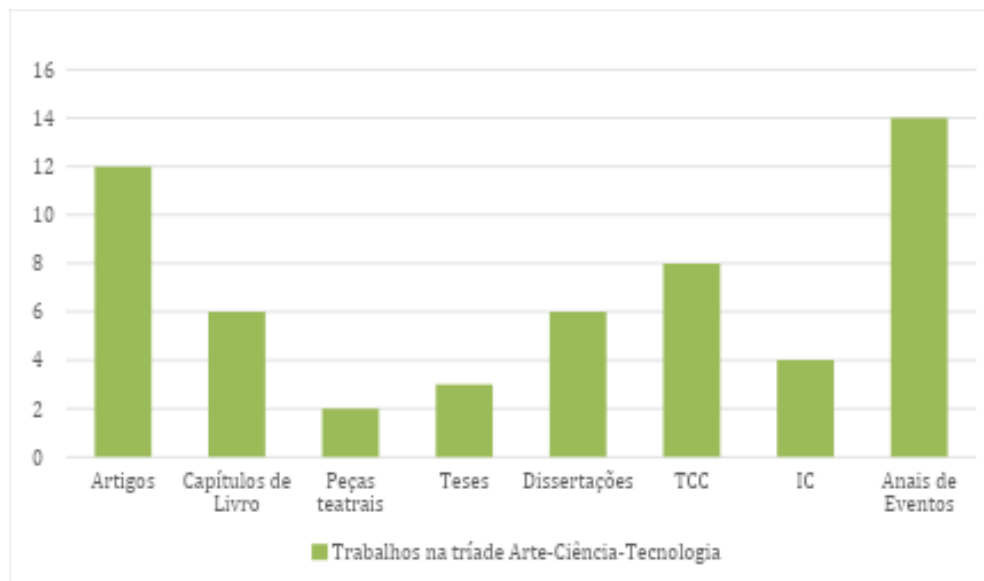


Fonte: DGP/CNPq (2024).

Quanto às produções científicas do grupo de pesquisa envolvendo a Arte, a Ciência e a Tecnologia, as categorias das produções realizadas entre 2009 e 2023 refletem-se na Figura 4:



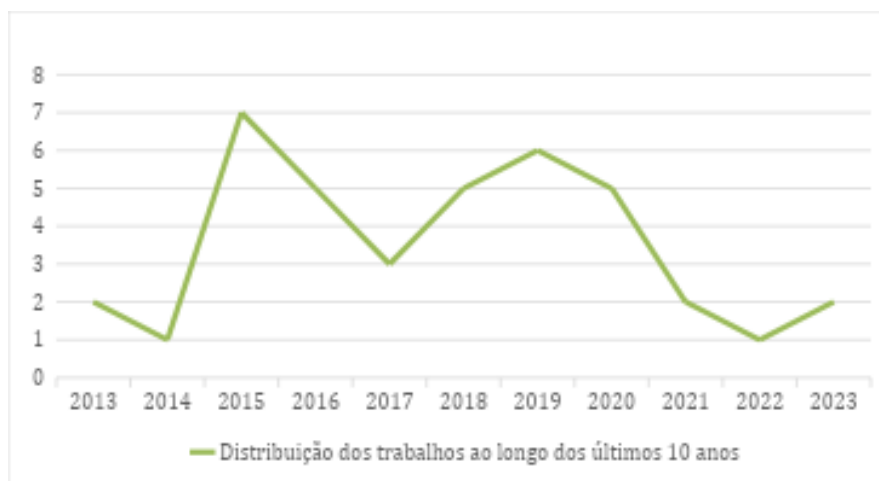
Figura 4 — Produções do GPACT desde a sua concepção até atualidade



Fonte: dados do GPACT (2024).

Desde 2013, com a consolidação do grupo de pesquisa, os resultados começaram a ser publicados em dissertações, teses, revistas e anais de eventos, como podemos observar na distribuição geral dos trabalhos do GPACT, que evidencia a forma como o grupo foi consolidando-se ao longo dos anos (Figura 5):

Figura 5 — distribuição dos trabalhos ao longo do GPACT



Fonte: dados do GPACT (2024)

Considerando-se as palavras-chave dos artigos, TCC (Trabalho de Conclusão de Curso), teses, dissertações e trabalhos publicados em eventos, temos um resumo, em nuvem de palavras, das principais produções do GPACT, como mostra a Figura 6:

Após a leitura, os trabalhos foram categorizados de acordo com os núcleos de sentido nos quatro temas elencados, a partir dos quais foi possível obter os resultados e as discussões sobre a complexidade dos saberes no GPACT.

O primeiro tema, “Complexidade dos saberes”, analisou os trabalhos considerando o desenvolvimento de currículos integrados e as estratégias de ensino que combinam arte, ciência e tecnologia, bem como a avaliação da eficácia das metodologias interdisciplinares. Os trabalhos do GPACT, nessa perspectiva, partiram de uma visão mais holística dos temas de estudo, com uma leitura dialógica e problematizadora, buscando a superação da fragmentação dos saberes, criticada por Edgar Morin e outros teóricos da complexidade.

Um dos trabalhos do grupo que contemplou o tema acima foi de integração entre a arte e a ciência, a partir de abordagem de geometria óptica em escolas básicas. Trazendo a arte urbana como tema gerador, a visão freiriana de educação, centrada no sujeito aprendente, fez parte da investigação que evidenciou as potencialidades de um ensino na complexidade de saberes (Da Silva *et al.*, 2015).

Outra abordagem metodológica foram as IIR (Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade), com contribuições interdisciplinares e de complexidade de saberes. Um tema atual, como a vacinação bovina, discutido a partir da obra de James Gillray, de 1802 (Figura 7), foi o ponto de partida da problematização, de acordo com a realidade dos estudantes da escola de campo. A IIR possibilitou uma discussão sobre a brucelose bovina a partir da obra de arte, instrumentalizando os estudantes para ações ativas e significativas no meio rural.

Figura 7 — Efeitos adversos da vacina por James Gillray (1802)



Fonte: Gilray (1802).

As pesquisas relacionadas a esse tema mostram algumas possibilidades de planejamento com o pensamento complexo na escola básica, com notáveis avanços na aprendizagem dos estudantes e também em sua alfabetização científica mediada pela arte (Costa *et al.*, 2018).

Assim, trabalhos feitos sob um viés da complexidade, segundo Morin (2005), buscam justamente potencializar a multidimensionalidade de um conhecimento com seus aspectos biológicos, sociais, artísticos, culturais, políticos e tecnológicos. Ao compreender a complexidade, os olhares sobre os objetos de conhecimento organizam o pensamento de formas mais sistêmicas. As pesquisas feitas relacionadas a essa temática revelam o potencial do pensamento complexo na escola básica, promovendo uma visão que transcende a fragmentação dos saberes e contribui para a formação de cidadãos críticos e alfabetizados cientificamente.

O segundo tema analisado nas produções foi “Arte e Tecnologias para a educação científica”. Os núcleos de sentido desse tema foram o uso das tecnologias no ensino de ciências, a arte como meio de explicação dos conceitos científicos e o impacto da arte e da tecnologia na motivação e no desempenho dos estudantes. Esse tema foi o que apresentou o maior número de pesquisas do GPECT e que também trouxe várias evidências de aprendizagem.

A literatura na ficção científica da trilogia *Fundação*, de Isaac Asimov, dá início às pesquisas nessa perspectiva temática. Com base na literatura, é possível problematizar conceitos científicos e tecnológicos, fornecendo bases para que os professores discutam CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) com estudantes de diferentes níveis escolares nas aulas de ciências naturais (Miquelin *et al.* 2014).

Além da literatura, as imagens de ilustrações científicas e pinturas foram objeto de discussões na integração arte, ciência e tecnologia. Os estudos observacionais de Maria Sibylla Merian (1647-1717), transposta didaticamente, contribuíram para a mediação tecnológica do *smartphone* e do *Instagram* no estudo científico e artístico dos insetos, com uma integração de conhecimentos que impactou na motivação para o aprendizado dos estudantes (Machado e Miquelin, 2016).

As imagens das pinturas de Joseph Wright of Derby (1734-1797) foram bem exploradas pelo grupo. As telas do artista, em diferentes pesquisas, contribuíram para a exploração de conceitos científicos e tecnológicos em abordagens CTS, e além disso estimularam reflexões sobre a ética e a sociologia do conhecimento científico em discussões que impulsionaram a criatividade, a racionalidade e a criticidade dos estudantes (Migliorini, Miquelin e Coelho, 2020; Miquelin e Vargas, 2022; Ferrasa, 2022; Costa *et al.*, 2016).

A luteria, nome dado à produção artesanal de instrumentos de cordas como o “ukelele”, foi objeto de estudo no que diz respeito à música. Ao propor uma oficina de luteria, conhecimentos científicos e tecnológicos foram empregados para sensibilizar os estudantes para o olhar artístico, tecnológico e científico embutidos em um instrumento musical e seu funcionamento (Leite *et al.*, 2022).

As esculturas de Marc Quinn (*Self, Evolution e Alison Lapper Pregnant*) embasaram a mediação das discussões sobre corpo humano, estética, ciclos de crescimento e genética para balizar práticas investigativas em sala de aula de forma a enriquecer o aprendizado dos estudantes (Bussi *et al.*, 2019).

Ainda no que diz respeito a imagens, à música e à escultura, na contemporaneidade temos a criação de memes. Memes são criações em imagens, vídeos ou textos que contemplam críticas, inclusive à ciência. Com uma proposta interdisciplinar e a metodologia dos “quatro momentos memes pedagógicos”, elaborou-se uma ferramenta para a criação e a divulgação dos conhecimentos científicos, com a mediação da rede digital *Instagram*, o “Conhecimemes” (Costa *et al.*, 2023).

Nesse tema ficou evidenciado que a leitura de imagens, a literatura, a música, a escultura e a arte digital articuladas no contexto do ensino científico contribuem para o enriquecimento de experiências educacionais em quadros mais sistêmicos (Rosnay, 2013) promovendo, dessa forma, uma visão mais integradora entre a Arte, a Ciência e a Tecnologia na educação científica.

Ao analisar os trabalhos sobre o tema “Implicações sociais e éticas” na convergência entre Arte, Ciência e Tecnologia, os núcleos de sentido consideraram as questões éticas nas biotecnologias artísticas, a influência das novas tecnologias na arte e na ciência e a responsabilidade social e cultural nas inovações tecnológicas. Dessa forma, na transposição didática da obra “Viagens de Gulliver”, as relações de complexidade nos estudos de literatura

e ciência ilustram que o conhecimento científico tem validade quando traz benefícios à sociedade e, por isso, a problematização social e política da ciência é essencial para a reflexão da responsabilidade humana e os impactos dos conhecimentos científicos e tecnológicos na sociedade (Benites *et al.*, 2022a).

Pereira *et al.* (2017), no estudo mediado pelo documentário “Power – o poder por trás da energia”⁵, também discutiram com os estudantes as questões sociais das matrizes energéticas. Essa discussão possibilitou uma modificação da visão indutivista, de uma ciência que parte de situações específicas para generalizações para uma ação colaborativa e reflexiva após a construção do conhecimento mediada pelo professor. Ao trazer a complexidade que caracteriza a produção de energia na sociedade contemporânea para as discussões em sala de aula, ressalta-se a importância de relações interdisciplinares no ensino de ciências.

Ao trazer um estudo da literatura de ficção científica do clássico *Frankenstein*, de Mary Shelley, a abordagem metodológica proposta pelos pesquisadores do grupo relaciona as implicações históricas, metodológicas, sociais e políticas para o ensino das ciências em tempos de pós-verdade, trazendo discussões fundamentadas para ações pedagógicas de um ensino de ciências pautado nas relações dialógicas que, inclusive, discutem princípios bioéticos da tecnociência (Ferrasa *et al.*, 2023).

Embasada também na literatura, dessa vez do romance *Ismael*, de Daniel Quinn, o videoclipe musical “Do the Evolution” da banda Pearl Jam foi objeto de estudos de Miquelin (2017) e evoluiu para uma crítica ao tecno-progresso em uma abordagem CTS. As críticas trazidas ao progresso desenfreado e às relações de poder implícitas nele também mostraram possibilidades de trabalho com os estudantes para escolhas responsáveis em um mundo cada vez mais tecnológico.

As imagens da obra de Joseph Wright também foram abordadas nessa temática. A leitura de três telas do artista (“Um experimento com um pássaro e a bomba de ar”, “O alquimista na procura da pedra filosofal” e “Um filósofo palestrando sobre o planetário em que uma lâmpada é colocada no lugar do sol”) mostram as questões da sociedade lunar representadas nas pinturas e incitam discussões sobre a produção da ciência e as tensões sociais e éticas da Inglaterra na Revolução Industrial (Miquelin e Vargas, 2016).

O GPACT agregou trabalhos também na relação entre Arte e Anatomia Humana. Essa pesquisa levantou questões sobre o acesso ao conhecimento, a democratização da educação e a importância das metodologias de ensino inclusivas e diversificadas. A análise histórica da anatomia humana e sua intersecção com a arte destacou como a visualização artística pode facilitar a compreensão de conceitos complexos, promovendo uma aprendizagem além da sala de aula e fortalecendo a criação de espaços não-formais de ensino. Esses espaços oferecem oportunidades para um público mais amplo interagir com o conhecimento, promovendo uma educação mais equitativa e socialmente responsável (Miquelin e Amaral, 2019).

Assim, a partir da perspectiva de Morin (2005), a complexidade intrínseca nas interações entre Arte, Ciência e Tecnologia propostas pelo GPACT exige uma abordagem interdisciplinar que reconheça a interdependência entre os conhecimentos e suas aplicações sociais. Na mesma linha, Rosnay (2013, p. 499) afirma que “[...] existe uma abordagem possível, que é a relação dos saberes e sua recombinação entre si – o que é muito diferente da abordagem enciclopédica, que consiste em empilhar conhecimentos sem estabelecer relações entre eles”.

⁵ Documentário do History Channel disponível no Youtube (2021).

As biotecnologias, por exemplo, não apenas desafiam os limites da arte e da ciência, mas também levantam questões éticas profundas sobre a manipulação da vida. Ao enfatizar a responsabilidade social e cultural das inovações tecnológicas, destacando o avanço científico, os trabalhos do grupo mostram que o conhecimento tecnocientífico deve ser acompanhado por uma reflexão crítica sobre seus impactos na sociedade.

Nos estudos didáticos, a literatura serve como um ponto de partida para discutir a validade do conhecimento científico em termos de seus benefícios sociais e para problematizar as consequências éticas e políticas da tecnociência. Essas discussões são essenciais para a formação de uma consciência crítica e colaborativa, capaz de enfrentar os desafios da sociedade tecnológica.

O último tema de análise foi “Inovação e Criatividade nas Ciências e Tecnologias”, no qual os núcleos de sentido foram os projetos colaborativos entre artistas e cientistas, os exemplos de inovação tecnológica inspiradas pela arte e os processos criativos que emergem da integração entre arte, ciência e tecnologia.

A mediação do site interativo *Storyboard*, segundo as pesquisas do grupo, contribui para a narração e contação de histórias em um ato criativo. Essa abordagem pode ser amplamente utilizada no ensino de ciência e tecnologia, pois permite a ação do sujeito cognitivo que, com ferramentas de criação, pode assimilar e significar os conteúdos escolares em processo de mediação (Benites *et al.*, 2022b).

O jogo *Inseto GO*, uma releitura do jogo comercial já existente, caracterizou-se como uma inovação tecnológica inspirada pela arte. Embasado nas atividades da naturalista e ilustradora Maria Sibylla Merian, que estudava o ciclo de vida dos insetos, os estudantes, ao conectarem-se à natureza em uma busca por insetos locais na qual a tecnologia assumiu papel de mediação, foram capazes também de uma aprendizagem cognitiva da morfologia e da ecologia dos insetos (Machado *et al.*, 2023).

Além de a naturalista inspirar o jogo descrito anteriormente, nos projetos colaborativos entre artistas e cientistas as pesquisas desenvolvidas no grupo sobre Maria Sibylla Merian deram origem à peça teatral *Maria e os insetos*, da Companhia Delas de Teatro. As pesquisas do GPACT, publicadas em periódicos de história da ciência e ensino de ciências, embasaram a construção da peça em um processo criativo de arte-ciência (Medeiros, 2020).

Outra parceria com artistas ocorreu na peça *Alice Quântica*, em parceria com o Grupo de Teatro Amador do Colégio Estadual do Paraná (GRUTA/CEP). Em 2015, a peça já discutia o negacionismo científico, a polarização de ideias e as pós-verdades que foram intensificadas, com outros conceitos científicos, durante a pós-pandemia de Covid-19 (Godoi *et al.* 2015).

Além disso, o GPACT atua na perspectiva do campo da inovação e da criatividade também na área do currículo. Ferrasa (2022), com enfoque na formação inicial de professores de Física, realizou uma releitura dos conhecimentos ou saberes vinculados a uma ementa com o objetivo de retirar o conhecimento como núcleo central do currículo, colocando-o em uma rede complexa dos mais variados elementos. Ao trazer Joseph Wright para dialogar com o currículo na formação inicial de professores, mostrou que o talento e a vivacidade do pintor potencializam ações estratégicas e organizacionais para o professor formador de professores em Ciência e Arte, e além disso trazem novos significados aos conhecimentos e saberes do currículo, que é ideológico, isento de neutralidade, filosófico, de caráter político, com características de racionalidade e razoabilidade e lógica de rede.

6 Considerações finais

As investigações sobre as interações entre Arte, Ciência e Tecnologia conduzidas pelo Grupo de Pesquisas em Arte, Ciência e Tecnologia (GPACT) evidenciam a relevância e o impacto desse enfoque interdisciplinar no campo educacional. Ao longo dos anos, o GPACT solidificou sua posição como um grupo de pesquisa e também mostrou, por meio de suas diversas produções acadêmicas e projetos práticos, a viabilidade e os benefícios trazidos pela integração desses três campos do conhecimento.

Ao adotar na maioria das suas investigações uma metodologia de pesquisa mista, que combina técnicas quantitativas e qualitativas, o GPACT foi capaz de evidenciar a complexidade das interações entre essas áreas e traçar os avanços e desafios no ensino e na aprendizagem de ciências. As pesquisas realizadas pelo grupo mostram que essa integração enriquece a aprendizagem, fomenta a criatividade e promove uma educação em que os estudantes são sujeitos do processo.

As investigações do GPACT destacam ainda a importância de um currículo integrado que combine arte, ciência e tecnologia, promovendo um ensino que vai além das barreiras disciplinares tradicionais. As metodologias inovadoras e as estratégias interdisciplinares desenvolvidas pelo grupo contribuem para uma formação mais crítica e reflexiva dos estudantes, preparando-os para enfrentar os desafios de um mundo cada vez mais complexo e interconectado. O grupo tem mostrado que a integração com a arte e a tecnologia no ensino de ciências pode aumentar significativamente a motivação e o desempenho dos estudantes, além de fomentar uma compreensão contextualizada sobre os conceitos científicos. As abordagens interdisciplinares e as práticas educativas desenvolvidas pelo GPACT exemplificam como a arte pode ser utilizada como uma poderosa ferramenta pedagógica para explicar conceitos científicos e tecnológicos de maneira dinâmica.

As implicações sociais e éticas das inovações tecnológicas também foram amplamente discutidas nas pesquisas do GPACT, destacando a responsabilidade social e cultural dos avanços científicos e tecnológicos. Essas discussões são fundamentais para a formação de cidadãos críticos e conscientes, capazes de refletir sobre os impactos das tecnologias na sociedade e de tomar decisões informadas e responsáveis. Além disso, o GPACT tem promovido projetos colaborativos entre artistas e cientistas, inspirando inovações tecnológicas e processos criativos. Essas parcerias enriquecem a pesquisa acadêmica, mas também contribuem para a produção de novos conhecimentos e práticas pedagógicas que refletem a complexidade e a riqueza das interações entre arte, ciência e tecnologia.

Novas pesquisas estão sendo desenvolvidas pelo GPACT, explorando temas como a literatura de Ailton Krenak em seu livro *O amanhã não está à venda*, as ilustrações científicas de Margaret Mee na Amazônia e a ceroplastia de Augusto Esteves no ensino das serpentes. Essas novas abordagens demonstram o compromisso contínuo do grupo em expandir os horizontes da educação interdisciplinar e integrar novos conhecimentos e práticas que possam enriquecer ainda mais a formação dos estudantes, enfatizando que a integração entre Arte, Ciência e Tecnologia é possível e benéfica para o ensino de ciências, e além disso traça novas possibilidades e caminhos para a educação no século XXI, no qual a complexidade dos saberes é reconhecida e valorizada.

