

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Luane Jandira Bueno Landau

O conhecimento de genética e a capacidade de articulação com temas de interesse público de alunos do Ensino Médio de escolas públicas de Porto Alegre

Porto Alegre

2019

Luane Jandira Bueno Landau

O conhecimento de genética e a capacidade de articulação com temas de interesse público de alunos do Ensino Médio de escolas públicas de Porto Alegre

Trabalho de Conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof. Dr. Maríndia Deprá

Porto Alegre

2019

CIP - Catalogação na Publicação

Landau, Luane Jandira Bueno

O conhecimento de genética e a capacidade de articulação com temas de interesse público de alunos do Ensino Médio de escolas públicas de Porto Alegre / Luane Jandira Bueno Landau. -- 2019.

61 f.

Orientadora: Maríndia Deprá.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências, Licenciatura em Ciências Biológicas, Porto Alegre, BR-RS, 2019.

1. Ensino de Genética. 2. Ensino Médio. 3. Transgênicos. 4. Genética. I. Deprá, Maríndia, orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, em primeiro lugar, aos meus queridos pais, Roséli e David, por terem me apoiado durante toda a graduação com tudo o que precisei e por valorizar a minha educação acima de tudo, até de suas próprias necessidades. Por terem, desde sempre, mostrado a importância da dedicação e da perseverança e por me apoiarem pelo caminho que escolhi seguir como professora e bióloga, sem duvidar um segundo de minha capacidade. São eles os responsáveis por grande parte do meu sucesso enquanto profissional e futura acadêmica.

Em seguida, gostaria de agradecer ao meu avô, Benammi, que me inspirou durante toda sua vida com sua incrível sabedoria. Não havia uma sequer coisa que ele não soube me explicar e ficou sempre muito feliz em me dar livros. Com certeza demonstrou a importância da educação e foi um grande militante pela justiça social. Sua sensibilidade, inteligência e indignação social certamente me inspiraram muito enquanto esteve vivo e se mantêm em meu coração como uma lembrança linda de nossos momentos juntos.

Ao meu amor e pessoa que escolhi compartilhar a vida, Alessandro, também gostaria de agradecer imensamente, por fazer parte dos meus momentos de vitória, mas também pelo consolo e compreensão nos momentos difíceis e de grande pressão. Estamos juntos desde o início do meu percurso de formação superior e crescemos muito juntos desde então.

Gostaria de agradecer à minha orientadora, profa. Dra. Maríndia Deprá, pela dedicação e disponibilidade em me ajudar com este trabalho e à banca, profas. Fernanda e Russel, por fazerem parte da minha formação acadêmica e por serem inspirações de grandes professoras, assim como pela disponibilidade e contribuições a este trabalho.

Agradeço especialmente à minha tia Elena, bióloga da família (agora não mais a única), por certamente ter me servido de exemplo durante minha infância, juventude e, agora, enquanto profissional, além de por toda a sua ajuda para a escrita desta monografia.

Por último, agradeço aos meus colegas mais queridos, que fizeram parte da minha caminhada rumo ao diploma, Paola, Júnior, Kewen, Francielly, Bruna, Anelise, Matheus e Dienifer; assim como aos pesquisadores que me inspiraram a seguir na pós-graduação, Mailton e Guillermo, pela dedicação, sabedoria e tutoria.

1 RESUMO

A partir do avanço científico com relação a novas técnicas em biotecnologia e engenharia genética, novas possibilidades do fazer científico vêm à tona e devem ser discutidas em sociedade. Nesse sentido, o ensino de genética na escola deve estar voltado para fornecer as ferramentas necessárias para que os alunos possam discutir sobre essas temáticas e tomar decisões a partir do entendimento dos argumentos científicos. Assim, este trabalho se propôs a avaliar os conhecimentos de genética e de algumas de suas aplicações entre alunos do E.M. de três escolas públicas da cidade de Porto Alegre: uma Escola Pública Federal, uma Escola Técnica Estadual da área Central e uma Escola Estadual de Ensino Médio de bairro central. Para isso, um questionário individual foi respondido por alunos do terceiro ano que consistiu em questões objetivas e dissertativas acerca das temáticas de genética e suas tecnologias. As respostas discursivas foram analisadas a partir de três momentos: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados obtidos. Para cada uma das categorias consideradas corretas, foi atribuída uma pontuação de acordo com o peso da questão quando as questões testaram os conhecimentos dos alunos. Adicionalmente, os dados de respostas objetivas foram contados a partir de um percentual de acertos e erros. Um total de 56 alunos participaram da pesquisa, sendo 18 alunos da Escola Pública Federal, 12 alunos da Escola Estadual de Ensino Médio de bairro central e 26 alunos da Escola Técnica Estadual da área Central. A média de desempenho geral dos alunos no questionário ficou de $46,2\% \pm 18,57\%$ acertos. Os alunos da Escola Pública Federal tiveram média superior em diversas questões, quando comparados aos alunos das demais escolas, além de um desempenho geral significativamente mais alto do que a da Escola Técnica Estadual da área Central, o que pode estar relacionado à maior formação e menor carga horária dos professores da escola. De forma geral, os alunos das três escolas apresentaram um baixo desempenho no questionário, menor do que o esperado. Também apresentaram pouco domínio sobre os conceitos básicos de genética, como gene, DNA, cromossomos e alelos, não sabendo relacionar suas ordens de grandeza. As respostas dos alunos tenderam a ser deterministas, no sentido de relacionar a genética diretamente com as características dos seres vivos. Além disso, as respostas também demonstraram que houve influência antropocêntrica principalmente no que diz respeito às questões que tratam da genética dos seres. Grande parte dos alunos relatou nunca ter ouvido falar sobre técnicas como Sequenciamento de

Genomas e Terapia Gênica respectivamente; além disso, 71,4% dos alunos indicaram que aborto é pouco relacionado à genética e não tem causas genéticas. As duas fontes mais indicadas pelos alunos de consulta aos conteúdos de genética são a escola e a internet, o que aumenta a importância da discussão de fontes online que sejam confiáveis e de conteúdo verdadeiramente científico. Em suma, demonstrou-se que os alunos não conseguiram responder corretamente às questões, apresentando dificuldades tanto em conceitos gerais de genética quanto em relação às tecnologias relacionadas à disciplina.

SUMÁRIO

1	RESUMO	4
2	PARTE I: INTRODUÇÃO GERAL	7
2.1	BNCC E ENSINO DE BIOLOGIA CONTEXTUALIZADO NA ESCOLA	8
2.2	ENSINO DE GENÉTICA: UM PANORAMA.....	9
2.3	E.M. DE TRÊS ESCOLAS PÚBLICAS EM PORTO ALEGRE CUJOS ALUNOS PARTICIPARAM DA PESQUISA	13
2.3.1	ESCOLA FEDERAL	14
2.3.2	ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL DA ÁREA CENTRAL	14
2.3.3	ESCOLA ESTADUAL DE ENSINO MÉDIO DE BAIRRO CENTRAL.....	15
2.4	ALGUNS CONCEITOS IMPORTANTES EM GENÉTICA	15
2.4.1	CONCEITO DE GENÉTICA	17
2.4.2	CONCEITO DE GENE E ALELO.....	19
2.4.3	CONCEITO DE DNA.....	20
2.4.4	CONCEITO DE NÚCLEO	21
2.4.5	CONCEITO DE CROMOSSOMO	22
2.4.6	ORGANISMOS GENETICAMENTE MODIFICADOS (OGM) E TRANSGÊNICOS	23
2.5	ALGUMAS CONSIDERAÇÕES PARA ESTE TRABALHO	24
2.6	JUSTIFICATIVA	25
2.7	OBJETIVOS.....	26
2.7.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
3	PARTE 2: ARTIGO	27
3.1	INTRODUÇÃO	27
3.2	METODOLOGIA.....	29
3.2.1	QUESTIONÁRIO	30
3.2.2	PILOTO.....	30
3.2.3	SUJEITOS DA PESQUISA.....	31
3.2.4	APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO	31
3.2.5	ANÁLISE DE DADOS	32
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
3.3.1	MÉDIAS DE DESEMPENHO GERAIS E POR ESCOLA.....	35
3.3.2	OS CONCEITOS DE GENÉTICA E SUA ORDEM DE GRANDEZA	38
3.3.3	INFORMAÇÃO GENÉTICA.....	39
3.3.4	SERES VIVOS E GENÉTICA	41
3.3.5	RELAÇÃO ENTRE O QUE OS ALUNOS JULGAM SABER E O QUE REALMENTE SABEM.....	43
3.3.6	TECNOLOGIAS DE GENÉTICA E BIOTECNOLOGIA	43
3.3.7	FONTES DE INFORMAÇÃO SOBRE GENÉTICA.....	45
3.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
4	REFERÊNCIAS	48
5	APÊNDICE 1 - QUESTIONÁRIO.....	55
6	APÊNDICE 2 – TERMO DE ANUÊNCIA DAS ESCOLAS.....	59
7	APÊNDICE 3 – TCLE E TALE	60

2 PARTE I: INTRODUÇÃO GERAL

Com o avanço científico, muitas técnicas em biotecnologia e engenharia genética vêm avançando e alcançando um patamar social muito importante, principalmente através da popularização dos conhecimentos de genética. Recentemente, assuntos como clonagem, transgênicos, organismos geneticamente modificados (OGMs), câncer, sequenciamento de genomas, células tronco, terapia gênica, testes de paternidade, melhoramento genético, entre outros, estão sendo amplamente noticiados com relação aos parâmetros éticos, científicos e tecnológicos (ARMENTA, 2008). Um exemplo foi a discussão do tema de células tronco no Jornal Nacional em 2008, principalmente fomentada pelos avanços na área (ALMEIDA; DALCOL; MASSARANI, 2013). Nessa perspectiva, é sumamente importante que a educação básica, via de formação de cidadãos capazes de ter uma opinião crítica, consiga abordar essas discussões, principalmente a fim de fomentar um posicionamento autônomo dos diferentes segmentos da sociedade.

Tendo em vista a relevância social do debate de temáticas que envolvem questões sociais e bioéticas na educação básica, a biologia desempenha um papel muito importante no sentido de esclarecer conceitos que facilitem a discussão e que proporcionem o debate qualificado e com argumentos científicos. Dentre esses temas, a genética é o conteúdo base para o entendimento da biologia envolvida nos temas supracitados.

Para professores e futuros professores, é muito importante saber quais os conhecimentos que os estudantes constroem no seu cotidiano, quais as fontes de informação que acessam, o que pensam sobre os fenômenos naturais, bem como as principais dificuldades para a compreensão de conceitos e de processos biológicos para que haja um direcionamento ao lecionar. Nesse sentido, a análise do entendimento dos alunos é importante, tendo em conta que poderá auxiliar para a elaboração de aulas mais voltadas para temáticas que tenham implicações no pleno exercício da cidadania.

Isto posto, este trabalho tem o objetivo de explorar o conhecimento de genética no Ensino Médio (E.M.) de alunos de três escolas públicas de Porto Alegre. A seguir, será apresentada uma contextualização do ensino de biologia, mais especificamente do ensino de genética e sua situação atual no Brasil. Em seguida, serão apresentadas as escolas que foram investigadas neste trabalho, assim como a discussão a respeito de alguns conceitos centrais para este trabalho. Por fim, será apresentada uma investigação, realizada com alunos do E.M. de três escolas públicas de Porto Alegre, que tem o intuito de elucidar e

diagnosticar quais os conhecimentos dos alunos em relação aos conteúdos básicos da genética.

2.1 BNCC e ensino de biologia contextualizado na escola

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) foi instituída pela Constituição Federal de 1988 conforme a linha do tempo elaborada pelo próprio Ministério da Educação (BRASIL, 2018b), seguida pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) em 1996 e dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) em 1997. Em setembro de 2015 é disponibilizada oficialmente a primeira versão da BNCC, que é posteriormente reformulada em 2016 e em 2018, sendo, em dezembro deste último, finalmente homologada a terceira versão.

Segundo Brasil (2018c),

A Base Nacional Comum Curricular é um documento normativo que define o conjunto de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica.

Seu principal objetivo é ser a balizadora da qualidade da educação no País por meio do estabelecimento de um patamar de aprendizagem e desenvolvimento a que todos os alunos têm direito! (BRASIL, 2018c)

O documento, portanto, discorre a respeito de habilidades, competências gerais e específicas a serem alcançadas pelos alunos do ensino básico e trabalhadas pelos professores em cada uma de suas grandes áreas, além dos respectivos componentes curriculares.

A BNCC prevê quatro grandes áreas a serem trabalhadas no E.M., quais sejam, 1) área da Linguagem e suas Tecnologias, 2) área de Matemática e suas Tecnologias, 3) área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, 4) área de Ciências Humanas e Sociais Aplicadas (BRASIL, 2018a). No que diz respeito à área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a BNCC propõe que

[...] por meio de um olhar articulado da Biologia, da Física e da Química – [a BNCC] define competências e habilidades que permitem a ampliação e a sistematização das aprendizagens essenciais desenvolvidas no Ensino Fundamental no que se refere: **aos conhecimentos conceituais da área; à contextualização social, cultural, ambiental e histórica desses conhecimentos;** aos processos e práticas de investigação e às linguagens das Ciências da Natureza. (BRASIL, 2018a; p. 547)

Nesse sentido, a BNCC propõe um ensino integrado e interdisciplinar que aborde não só conteúdos teóricos e conceituais, mas que seja capaz de ampliar a visão dos alunos no que diz respeito à contextualização dos conhecimentos ensinados/aprendidos. Assim, o ensino de biologia deve estar constantemente atrelado à realidade e às aplicações de seus conteúdos, levando em consideração que um dos papéis da escola segundo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) é formar para o pleno exercício da cidadania (BRASIL, 1996).

Nesse contexto, o ensino de genética deve andar sempre junto da discussão de suas aplicações e reverberações ligadas a situações sociais nas quais os alunos estão inseridos. Ao sair da escola, os alunos devem ser capazes não apenas de compreender conceitos abstratos em genética, mas também de relacionar suas implicações em suas vidas. Conforme a BNCC,

Espera-se, também, que os estudantes possam avaliar o impacto de tecnologias contemporâneas (...) em seu cotidiano, em setores produtivos, na economia, nas dinâmicas sociais e no uso, reuso e reciclagem de recursos naturais. Dessa maneira, as Ciências da Natureza constituem-se referencial importante para a interpretação de fenômenos e problemas sociais. (BRASIL, 2018a; p. 550)

As novas tecnologias devem, portanto, ser tema de debates em aulas dentro da escola, tendo como norte as problemáticas que dizem respeito a questões sociais.

2.2 Ensino de genética: um panorama

A genética é mencionada na BNCC dentro da Competência Específica 2 referente ao E.M.. Esta competência tem como descrição

Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.” (BRASIL, 2018a; p. 556)

Nesse sentido, a genética é mencionada no contexto de evolução e história da terra e do planeta. Ela deve ser contextualizada dentro dessa perspectiva e não apenas *per se*. Apesar de fomentar que sejam realizadas discussões éticas que permeiem estes assuntos, a BNCC não determina que estas discussões sejam feitas especificamente a partir das implicações que os avanços tecnológicos em genética têm gerado. O documento deixa em

aberto e flexibiliza para os professores como abordar essas temáticas, não enfatizando a importância e o impacto que essas novas tecnologias têm na vida dos alunos.

Por outro lado, o documento de Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) aprofunda um pouco mais sobre o ensino de genética; conforme o documento

O desenvolvimento da Genética e da Biologia Molecular, das tecnologias de manipulação do DNA e de clonagem traz à tona aspectos éticos envolvidos na produção e aplicação do conhecimento científico e tecnológico, chamando à reflexão sobre as relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade. Conhecer a estrutura molecular da vida, os mecanismos de perpetuação, diferenciação das espécies e diversificação intraespecífica, a importância da biodiversidade para a vida no planeta são alguns dos elementos essenciais para um posicionamento criterioso relativo ao conjunto das construções e intervenções humanas no mundo contemporâneo. (BRASIL, 1999; p.15)

Esse documento faz menção às tecnologias emergentes da genética, assim como do papel da genética no conhecimento da biodiversidade e da evolução. Da mesma forma, as importantes implicações éticas dessas novas tecnologias que estão cada vez mais avançando são evidenciadas especificamente com relação à genética, o que ressalta a importância de tratar a temática em sala de aula.

Nenhum dos documentos, no entanto, trata da genética médica e do desenvolvimento, que diz respeito a uma série de aplicações da disciplina em diversas áreas, como no tratamento do câncer, de doenças causadas por alterações cromossômicas, Alzheimer, susceptibilidade a enfermidades, entre muitas outras. Além disso, dentro da genética médica, uma área muito recente que vem crescendo cada vez mais é a de terapia gênica, que já está sendo utilizada tanto para o tratamento de doenças genéticas hereditárias (fibrose cística, hemofilia, etc.) como para o tratamento de doenças adquiridas (câncer, AIDS, Alzheimer, entre outras) (VERMA; SOMIA, 1997), com um impacto muito importante nas ciências médicas. Ora, o tratamento de doenças, as ofertas terapêuticas oferecidas pelo Sistema Único de Saúde, o investimento público necessário para tais, todas essas temáticas fazem ou deveriam fazer parte do cotidiano dos cidadãos, que devem estar cientes de questões políticas e médicas envolvidas na saúde pública. Nesse sentido, a não ênfase a estes aspectos da genética deixa uma lacuna no que diz respeito ao ensino de genética.

Martins et al. (2004) aponta que a utilização de textos de divulgação científica e de contextualização dos conceitos de genética em sala de aula traz diversas vantagens no ensino de biologia e ciências; entre eles a possibilidade de articulação dos conteúdos, assim como a valorização do professor e de sua prática profissional. Nas palavras da autora,

[...] a contribuição da divulgação científica para o ensino pode se efetivar, entre outras formas, a partir dos potenciais benefícios advindos do contato com diferentes formas de dizer e argumentar contidas nestes textos e através da discussão de temas recentes relacionados ao desenvolvimento da ciência e tecnologia, contextualizados no dia a dia da sociedade contemporânea. (MARTINS; NASCIMENTO; ABREU, 2004; p.97).

Além de rever e aplicar os conceitos trabalhados em sala de aula, esse tipo de metodologia incentiva a curiosidade dos alunos. Essa prática pedagógica se destaca no sentido de capacitar os discentes para temas atuais que estejam sendo discutidos, além de desmistificar possíveis dúvidas e mal-entendidos que possam existir acerca dessas temáticas.

No entanto, outros fatores influenciam diretamente o ensino de genética. Alguns autores relatam que muitos estudantes ainda têm uma postura religiosa que pode interferir e dificultar a dedicação aos estudos científicos (GUIMARÃES; CARVALHO; OLIVEIRA, 2010). Muitos alunos têm dificuldades de relacionar conceitos como “cromossomo”, “gene” e “alelo”, “têm a concepção de que o alelo se situa num gene e que cromossomo é o conjunto de genes” (BEZERRA; GOULART, 2013), conceitos considerados básicos para o entendimento da genética e biologia por trás das discussões supracitadas.

Ao investigar os conhecimentos de alunos do E. M. sobre transgênicos, Pedrancini et al., (2008) demonstraram que os alunos têm dificuldade em discernir organismos transgênicos de organismos geneticamente modificados (OGMs) ou mutantes, sendo que apenas 7% dos entrevistados admitiram que havia diferença entre os dois, mas não souberam responder qual. Além disso, entre as respostas dos alunos à questão “você conhece algum transgênico?”, aparecem os alimentos “refrigerantes”, “macarrão instantâneo” e “bolacha”. Os autores apontam que os alunos têm opiniões influenciadas grandemente pela mídia e o senso comum, não sendo capazes de definir conceitos ou entender sua relação com seu próprio dia-a-dia (PEDRANCINI et al., 2007). Através de entrevistas com alunos de terceiro ano da região noroeste do Paraná, Pedrancini et al.

(2007) também encontraram que os alunos têm grandes dificuldades de definir onde se encontra o DNA na célula, e apenas um estudante apontou para a sua presença nas mitocôndrias. Os autores discutem ainda que a maior fonte de informação dos alunos é a mídia, o que influenciou fortemente sua opinião a respeito dos transgênicos.

O conteúdo de genética corresponde a um dos conteúdos de maior dificuldade trabalhados no ensino básico (ROCHA; SPERANDIO, 2016), e essa dificuldade não se encontra apenas em escolas brasileiras. Outros autores encontraram defasagens nos conhecimentos de biotecnologia e genética quando analisaram alunos do E. M. argentinos (GRANDE; MELILLÁN; VILANOVA, 2009; OCCELLI; VILAR; ESTEBAN, 2011). Em uma pesquisa com alunos dos últimos anos da escola básica na cidade de Córdoba, Ocelli et al. (2011) descrevem a falta de conhecimento do termo biotecnologia e muitos de seus processos tradicionais, como na produção de alimentos com microrganismos. Além disso, alunos de uma escola pública dependente da Universidad Nacional de Mar del Plata (Argentina) (GRANDE; MELILLÁN; VILANOVA, 2009) e alunos de oito escolas de West Yorkshire, na Inglaterra (LEWIS; WOOD-ROBINSON, 2000), também demonstraram defasagem importante nos conhecimentos de genética, confundindo os conceitos de gene, DNA e cromossomos. Outro estudo (CHATTOPADHYAY, 2005) corrobora esses achados em uma pesquisa realizada na Índia, além de constatar que os alunos têm grandes dificuldades de formar uma visão coerente de célula, informação genética e cromossomos.

Apesar de estar perdendo um pouco do espaço para outros materiais didáticos, o livro didático ainda desempenha um papel fundamental no ensino básico, sendo um instrumento indispensável do mesmo. Em uma investigação acerca de como a biotecnologia é abordada em livros didáticos, Fonseca e Bobrowski (2015) encontraram que os temas mais presentes são aqueles mais discutidos na mídia, como transgenia, terapia gênica, clonagem e células-tronco. No entanto, análises envolvendo o livro didático argumentam que o Brasil dá pouca importância ao tema de genética, com apenas cerca de 18% do livro destinado a esse conteúdo, além de focar em sua maioria em temáticas de genética humana (PROCHAZKA; FRANZOLIN, 2018). Outro estudo com 12 livros didáticos indica que no máximo 3,8% desses são dedicados a temas da Nova Biologia (termo definido pelos autores que abarca temáticas de debates frequentes como transgênicos, terapias gênicas, clonagem, células tronco, teste de paternidade, etc.), sendo que a maioria dos livros dedica apenas de 1% a 2% de sua abordagem a esses assuntos

(XAVIER; FREIRE; MORAES, 2006). Outros autores sugerem que ainda há muitos erros conceituais presentes em livros didáticos (VILAS-BOAS, 2006), o que dificulta ainda mais o processo pedagógico. Sendo assim, os livros didáticos brasileiros, em geral, são pouco atualizados com relação a temáticas de debates atuais. Isso leva a um grande problema, pois o livro, além de servir como material de referência aos alunos, também direciona a elaboração das aulas pelos professores.

Trabalhar em sala de aula com conteúdos de genética é um desafio para o professor de biologia, já que se trata de um tema muito complexo, interdisciplinar, abstrato e que envolve questões éticas muito importantes. Além disso, muitos professores relatam que a baixa carga horária e a fragmentação dos conteúdos durante o E. M. dificultam o ensino aprofundado de determinadas questões teóricas, como, por exemplo, as teorias da genética evolutiva (SILVA; FRANZOLIN; BIZZO, 2016). Levando em conta que os alunos têm dificuldade na temática e que o livro didático não dá conta de realizar a discussão aprofundada dos conteúdos, é de suma importância que se entenda melhor quais questões são as maiores dificuldades para os alunos. Além disso, a escola forma para a cidadania, e a capacidade de reflexão e de formação de ponto de vista é fundamental no desenvolvimento dos alunos. Por isso, a relevância da temática aqui proposta é de compreender melhor quais são os pontos que devem ser mais discutidos e enfatizados pelos professores a fim de formar alunos com uma capacidade crítica e de compreensão científica robusta.

2.3 E.M. de três escolas públicas em Porto Alegre cujos alunos participaram da pesquisa

Segundo dados coletados em 2018 pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP, 2018), a educação básica pública atende atualmente cerca de 176 mil alunos no município de Porto Alegre, dentre estes, 35 mil estudantes do E. M. distribuídos em 76 escolas.

A fim de entender um pouco melhor o conhecimento de alunos do E. M. sobre genética nas escolas públicas de Porto Alegre, esta pesquisa abordou três escolas públicas do município. Na certeza de que este é um estudo incipiente que se propõe unicamente a traçar um panorama inicial sobre os conhecimentos de alunos do terceiro ano do E.M. de três escolas públicas de Porto Alegre, não se pretende, aqui, afirmar que estas três amostras serão totalmente representativas da população de alunos das escolas públicas de

Porto Alegre. No entanto, é necessário iniciar por algum lugar e certamente esta investigação traz dados que indicam a importância de aprofundar o entendimento sobre o assunto nas escolas de Porto Alegre. A seguir, estão descritas algumas características de cada escola abordada no estudo que são importantes para a compreensão desta pesquisa e para a contextualização das escolas.

2.3.1 Escola Federal

A escola pública federal está em funcionamento desde 1954, quando era parte da Faculdade de Filosofia da universidade. Até 1996, quando se instalou na região leste do município, o colégio teve diferentes sedes, sendo uma delas a Faculdade de Educação (1971-1996). A instituição tem turmas desde o primeiro ano do Ensino Fundamental até o final do E.M..

O colégio é conhecido por sua qualidade na educação, sendo pioneiro em diversas atividades de ensino, como os conselhos participativos, os laboratórios de ensino, projeto UCA (um computador por aluno), entre outros.

O Colégio tem aproximadamente 220 estudantes com uma média de 32,7 alunos por turma no E.M., assim como de 28,5, no terceiro ano, segundo os dados divulgados pelo INEP (2018). A escola opera em dois turnos, em que os alunos de anos finais do ensino fundamental e do E.M. têm duas tardes por semana de aula. Esse aumento na carga horária permite que os alunos possam assistir a um número maior de disciplinas, tanto de caráter obrigatório quanto de caráter opcional. Além disso, também no turno da tarde, nos dias em que os alunos não têm aulas, são oferecidos laboratórios (reforço escolar), além de outras atividades extracurriculares – clube de teatro, grupo de treino esportivo da escola, aulas de música ministrada por alunos da UFRGS, entre outros. O livro didático de biologia utilizado na escola para o E.M. segue a série Biologia, Unidade e Diversidade de José Arnaldo Favaretto.

2.3.2 Escola Técnica Estadual da área Central

A Escola Técnica Estadual da área Central de Porto Alegre é uma das maiores e mais antigas escolas técnicas do estado do Rio Grande do Sul. A escola foi fundada em 1906 por um grupo de professores da Escola de Engenharia, e foi só em 1960 que ganhou a sede onde se encontra hoje em Porto Alegre. É uma escola com importância histórica

para o estado do Rio Grande do Sul por ser uma das escolas que ainda oferece o ensino técnico de forma pública e gratuita.

Atualmente, a escola possui um total de 2.247 alunos, sendo, destes, 649 do E.M.. Além disso, apresenta uma média de alunos por turma de 29 alunos para o E. M. e de 27,6 para os terceiros anos. O livro didático de biologia para o E.M. utilizado atualmente pela escola é da série BIO, por Sonia Lopes.

2.3.3 Escola Estadual de Ensino Médio de bairro central

A Escola Estadual de Ensino Médio se encontra hoje em um bairro muito valorizado de Porto Alegre. A escola tem uma média de 19 alunos por turma no E.M. e 16,3, no terceiro ano.

Das escolas selecionadas para este estudo, a E. E. E. M. de bairro central é a que apresenta uma maior taxa de reprovação, sendo 44,3% dos alunos no E.M. e 50% no terceiro ano, sendo as razões para tal não descritas na bibliografia. A escola também é a menor das três escolas, abrigando apenas 114 alunos do E.M. (INEP, 2018).

O livro didático escolhido para a disciplina de biologia para o E.M. é da série Contato Biologia, de Marcela Ogo e Leandro Godoy.

2.4 Alguns conceitos importantes em genética

As definições dos conceitos da área da genética não são expressas da mesma maneira entre professores e nem entre livros didáticos ou livros base da disciplina. Conceitos de genética que são base para o entendimento aprofundado da disciplina devem estar bem consolidados no entendimento dos alunos, e, por isso, a escolha de investigar os seguintes conceitos: genética, gene, alelo, DNA, cromossomos, núcleo, informação genética e organismos geneticamente modificados.

A partir de investigações de comparação dos conteúdos de genética de livros-texto da disciplina com livros didáticos do Brasil e dos Estados Unidos, Franzolin e Bizzo (2013) encontraram que os conceitos apresentados nos livros didáticos de estudantes do E.M. não são frequentemente distantes dos conceitos apresentados nos livros-texto da disciplina usados para o ensino superior. Os autores discorrem que possivelmente isso se deva “à menor necessidade da pedagogização e da didatização para o E.M., como também devido à influência das avaliações de livros didáticos” (FRANZOLIN; BIZZO, 2013; p.6). No entanto, Badzinski e Hermel (2015) consideram que livros didáticos estão

“deixando de lado ou apresentando de forma pobre conteúdos de relevância para a formação do indivíduo como cidadão”. Os autores indicam que cabe ao professor definir qual a importância e o peso que deve ser atribuído a cada conteúdo, já que os livros didáticos variam muito na sua forma de representação e “não seguem de forma integral os assuntos indicados pelos PCN+ de Biologia” (BADZINSKI; HERMEL, 2015).

Quadro 1- Livros didáticos utilizados para comparação e as respectivas escolas.

	Título	Autores	Editora	Escola
Livro A*	Biologia 3 – Unidade e Diversidade	José Arnaldo Favaretto	Editores FTD S.A.	Escola Federal
Livro B**	Contato Biologia 3	Marcela Yaemi Ogo e Leandro Pereira de Godoy	Quinteto Editorial LTDA	Escola Estadual de Ensino Médio de bairro central
Livro C***	BIO 3	Sônia Lopes e Sergio Rosso	Editores Saraiva	Escola Técnica Estadual de Área Central

Fonte: Elaborado para este trabalho.

*FAVARETTO, José Arnaldo et al. **Biologia 3: Unidade e Diversidade**. 1. ed. São Paulo: EDITORA FTD S.A., 2016. ISBN 978-85-96-00347-6.; **OGO, Marcela Yaemi; DE GODOY, Leandro Pereira. **Contato Biologia 3º ano**. 1. ed. São Paulo: Quinteto Editorial LTDA, 2016. ISBN 978-85-8392-080-9.; ***LOPES, Sônia; ROSSO, Sergio. **BIO 3**. 3. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2016. v. 3. ISBN 978-85-472-0506-5

Diante disso, procurou-se explorar alguns conceitos apresentados nos livros didáticos das escolas cujos alunos foram investigados para este trabalho, a fim de ilustrar a sua possível influência na resposta dos alunos e, de forma implícita, na aula dos professores – entendendo que este se constitui como ferramenta importante para a elaboração da aula pelo professor. A seguir serão, então, exploradas as definições utilizadas para fim deste trabalho, assim como serão ilustradas as que estão colocadas nos livros didáticos das três escolas em que estudam os alunos que participaram da investigação Os três livros utilizados para esta análise estão ilustrados na **Figura 1** e descritos no **Quadro 1**.

O livro didático, no entanto, não é discutido e abordado da mesma forma para todas as escolas e por todos os professores. A discussão aqui apresentada sobre os conceitos definidos em cada livro são apenas mais uma das ferramentas para se pensar os conhecimentos dos alunos em relação à genética, mas não necessariamente dizem respeito aos conceitos abordados em sala de aula propriamente ditos, já que os

professores têm liberdade de usar ou não o livro em suas aulas ou preparação para as mesmas. Sabe-se que os professores muitas vezes fazem uso de outras fontes de consulta para elaboração de suas aulas, deixando, por vezes, o livro didático de lado. Assim, é importante perceber que os conceitos aqui trazidos não são necessariamente os que foram trabalhados em sala de aula das três escolas, ainda que sejam importantes indicadores sobre o que está sendo discutido.

Figura 1- Livros Didáticos usados nas três escolas investigadas neste trabalho



Fonte: Figura elaborada pela autora deste trabalho.

De cima para baixo, as coleções Bio, de Sonia Lopes, Contato Biologia, de Marcela Ogo e Leandro Godoy e Biologia, Unidade e Diversidade, de José Favaretto. Da esquerda para a direita, os livros usados no terceiro, segundo e primeiro ano, de cada coleção respectivamente.

2.4.1 Conceito de genética

O conceito de genética é expresso de diversas maneiras nos livros didáticos do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e, na maioria dos casos, de forma não tão aprofundada quanto o que está na literatura base de genética. O **Quadro 2** ilustra o conceito de genética para cada um dos três livros e o conceito definido por Griffiths et al. (2016), utilizado como parâmetro neste trabalho.

Quadro 2 - Conceito de “genética” presente nos livros didáticos das escolas e no livro base de genética

Livro	Conceito de genética
-------	----------------------

Livro A	“A Genética estuda o material genético, as variações entre os organismos e os mecanismos da hereditariedade, pelos quais as características são passadas de geração a geração.” (FAVARETTO, 2016; p.162)
Livro B	“A genética é a ciência que estuda a hereditariedade e os genes responsáveis pela expressão das características presentes nos seres vivos. Seu estudo permite compreender os processos relacionados ao desenvolvimento e à evolução da vida. Além disso, possibilita não somente entender a origem da variação das características transmitidas ao longo das gerações nas espécies, mas também modificar aquelas de interesse a partir da manipulação dos genes.” (OGO; DE GODOY, 2016; p11)
Livro C	“[...] Genética, área da Biologia que estuda a transmissão do material genético ao longo das gerações, a natureza química desse material e seu modo de ação.” (LOPES et al., 2016, p;114)
Introdução à Genética	“A genética é um tipo de ciência da informação. Os geneticistas tentam compreender as regras que controlam a transmissão da informação genética em 3 níveis: do genitor à descendência, dentro das famílias; do DNA à ação dos genes dentro das células e entre elas; e ao longo de muitas gerações dentro de populações de organismos. Esses três focos da genética são conhecidos como genética da transmissão, genética molecular do desenvolvimento e genética evolutiva de populações.” (GRIFFITHS et al., 2016; p.2)

Fonte: Griffiths et al. (2016); Lopes et al. (2016); Ogo e Godoy (2016); Favaretto (2016).

O conceito trabalhado por Griffiths et. al. (2016) traz três importantes aspectos da genética, o da **genética da transmissão**, que pode ser visto também como a genética clássica que trata da hereditariedade; o da **genética molecular do desenvolvimento**, que abrange tanto a parte de biologia molecular (replicação, transcrição e tradução do DNA) e suas tecnologias, como a parte de genes do desenvolvimento (genes *HOX*) e de doenças genéticas adquiridas; e, por último, o de **genética evolutiva e de populações**, que diz respeito, por um lado, à questão de dinâmica populacional ecológica e de conservação de espécies e, por outro, ao desenvolvimento de filogenias com base molecular, da relação de parentesco entre as espécies e da história da vida na Terra. Mesmo sendo esta uma definição muito completa do conceito de genética, apenas foi observada a abrangência, ainda que simplificada, dessas três esferas no Livro B, utilizado pela Escola Estadual de Ensino Médio de bairro central.

Os três conceitos de genética apresentados pelos livros didáticos das escolas abordam a genética clássica, ou seja, a questão da hereditariedade, que aparece muito forte nas três definições. Quanto ao conceito de genética molecular e do desenvolvimento, encontra-se presente no livro Contato Biologia 3 (OGO; DE GODOY, 2016) e de forma muito simplista no livro BIO 3 (LOPES et. al., 2016). A conexão da genética com a evolução da vida e ecologia apenas é abordado pelo livro Contato Biologia 3 (OGO; DE GODOY, 2016).

Ainda que devam ser apresentados de forma menos sofisticada e mais acessível a fim de que a linguagem seja próxima à do cotidiano dos alunos, os livros didáticos pecam em não trazer algumas esferas do conceito de genética que hoje são fundamentais para compreender suas implicações éticas e sociais. O conceito ainda parece muito atrelado à genética mendeliana, na qual se compreende a genética como base da hereditariedade. No entanto, atualmente, a genética tem ultrapassado esse conceito, estando presente de diversas outras formas e através de novas tecnologias. Essa atualidade pulsante da genética deveria ser mais bem explorada pelos livros didáticos, que ainda estão presos a conceitos do século passado.

2.4.2 Conceito de gene e alelo

O **Quadro 3** elucida a forma como o conceito de gene foi abordado em cada um dos livros didáticos.

Quadro 3 - Conceitos de gene presentes nos livros didáticos das escolas e no livro base de genética.

Livro	Conceito de Gene
Livro A	“A palavra gene foi empregada pela primeira vez em 1909 para identificar as “unidades da herança”. Após a descoberta do DNA como material genético, o gene foi entendido como um segmento de DNA capaz de transcrever sua mensagem em uma molécula de RNA, que posteriormente coordena a síntese de uma proteína, determinando uma característica” (FAVARETTO, 2016; p.162)
Livro B	“[...] os genes, tradicionalmente definidos como segmentos de DNA que codificam um produto funcional, como uma proteína ou RNA. Nos organismos diploides, os genes se apresentam aos pares, em que um está presente no cromossomo que foi herdado da mãe, e outro, presente no cromossomo herdado do pai.” (OGO; DE GODOY, 2016; p. 16)
Livro C	“Gene: região do DNA que pode ser transcrita em moléculas de RNA ou [...] menor porção do DNA relacionada a um efeito que pode ser detectado no organismo.” (LOPES et al., 2016, p.121)
Introdução à Genética	“Unidade física e funcional fundamental da hereditariedade, que carrega informação de uma geração até a próxima; um segmento de DNA composto por uma região transcrita e uma sequência reguladora que torna a transcrição possível.” (GRIFFITHS et al., 2016; p.724)

Fonte: Griffiths et al. (2016); Lopes et al. (2016); Ogo e Godoy (2016); Favaretto (2016).

Pode-se perceber que todos os livros corrigem o dogma central da biologia molecular, que classicamente definia gene como aquele capaz de codificar uma proteína. Atualmente, sabe-se que nem todo produto gênico chega a ser traduzido em proteína, podendo codificar apenas para um produto de RNA funcional (tRNA, rRNA, siRNA,

entre outros). Nesse sentido, o conceito de gene apresentado pelos livros didáticos das três escolas parece estar plenamente de acordo com aquele do livro-base.

O conceito de alelo abordado em todos os três livros das escolas (**Quadro 4**) é definido como uma forma alternativa de um mesmo gene, de acordo com o conceito presente em ambas as referências utilizadas como livro-base para o conceito de alelo. Ainda que o gene especificamente seja constituído de DNA, todas as definições de livros didáticos colocam que os alelos estão presentes no mesmo *locus* em um cromossomo, ou seja, sob uma ótica diferente, o alelo também é parte do cromossomo. Essa definição está de acordo com a trazida por Snustad et al. (2013), cujo conceito está descrito de uma forma mais completa do que o presente em (GRIFFITHS et al., 2016). Para fins deste trabalho, consideraremos como correto dizer que um alelo ou gene é parte de um cromossomo.

Quadro 4 - Conceito de alelo presentes nos livros didáticos das escolas e no livro base de genética.

Livro	Conceito de alelo
Livro A	“Ocupando locos correspondentes em um par de cromossomos homólogos estão os alelos, formas alternativas de um gene, que atuam sobre a mesma característica.” (p. 162)
Livro B	“Nos organismos diploides, os genes se apresentam aos pares, em que um está presente no cromossomo que foi herdado da mãe, e o outro, presente no cromossomo herdado do pai. Esses genes estão presentes no mesmo locus, que é a mesma posição em cada um dos cromossomos, e podem apresentar formas alternativas, chamadas alelos.” (p.16)
Livro C	“Cada gene pode apresentar diferentes formas ou variantes que se manifestam no organismo. Cada variante de um gene recebe o nome de alelo. Os alelos ocorrem aos pares nas células diploides, um em cada cromossomo homólogo.” (p. 140)
Introdução à Genética	“Uma das diferentes formas de um gene que pode existir em um único locus.” (GRIFFITHS et al., 2016; p.717)
Genetics*	“Elemento de um par, ou série, de formas alternativas de um gene que ocorrem em determinados <i>locus</i> de um cromossomo. Os alelos são indicados pelo mesmo símbolo básico (p. ex. <i>D</i> para pés de ervilha altos e <i>d</i> para pés de ervilha anões).” (SNUSTAD, 2013; p. 703)

Fonte: Griffiths et al. (2016); Lopes et al. (2016); Ogo e Godoy (2016); Favaretto (2016); Snustad (2013)

*SNUSTAD, P.; SIMMONS, M. J. **Fundamentos de genética**. 6 ed. ed. Rio de Janeiro - RJ: Editora Guanabara Koogan LTDA., 2013.

2.4.3 Conceito de DNA

O **Quadro 5** apresenta os conceitos de DNA abordados nos três livros didáticos, assim como no livro-base da genética. Como se pode observar, o Livro C é o que apresentou um conceito mais simples de DNA, não mencionando o tipo de açúcar que o

compõe. O Livro A, por outro lado, apresenta o conceito de DNA dentro da definição de ácido nucleico, o que evidencia sua relação com o RNA. Todos os conceitos apresentados (com exceção do Livro C, que abordará isto em outra parte) associam o conceito de DNA com as *informações genéticas*. O conceito de informações genéticas, no entanto, é apresentado de forma muito vaga, em outras palavras, não é definido por nenhum dos livros. Essa relação ampla e frouxa deixa margem para a interpretação dos alunos sobre esse conceito, que pode se manifestar de diversas formas. Nesta investigação, o conceito de informação genética também é abordado, ainda que não haja uma definição estruturada a respeito do mesmo.

Quadro 5 - Conceito de DNA presentes nos livros didáticos das escolas e no livro base de genética.

Livro	Conceito de DNA
Livro A	“Os ácidos nucleicos, que podem ser o DNA ou o RNA, relacionam-se com o controle da atividade e da estrutura das células e com os mecanismos de hereditariedade. (p.98)[...] A longa molécula do DNA armazena grande quantidade de informações. Ao coordenar a produção de proteínas, controla a estrutura e o funcionamento das células.” (p.100)
Livro B	“O DNA ou ácido desoxirribonucleico é encontrado principalmente no núcleo das células eucarióticas e em quase todos os organismos, exceto em certos vírus formados apenas por RNA. Trata-se de uma molécula que carrega a informação genética responsável pelas características dos organismos vivos.” (p. 87)
Livro C	“Sabia-se que a molécula de DNA era uma longa cadeia de unidades menores chamadas nucleotídeos [...]” (p.117)
Introdução à Genética	“(ácido desoxirribonucleico) Cadeia de nucleotídeos ligados (que apresentam desoxirribose como seu açúcar). Duas cadeias em uma forma de dupla-hélice são a substância fundamental da qual os genes são compostos.” (GRIFFITHS et al., 2016; p.721)

Fonte: Griffiths et al. (2016); Lopes et al. (2016); Ogo e Godoy (2016); Favaretto (2016).

2.4.4 Conceito de núcleo

O **Quadro 6** demonstra os conceitos de núcleo presentes nos três livros analisados e no livro tomado como referência para esta análise. Como é possível perceber, os Livros B e C não apresentaram conceito de núcleo, já que estes conteúdos são estudados em outro momento escolar. O livro A apresenta um capítulo disposto apenas sobre o núcleo celular, por isso o conceito está presente. Não é comum que o conceito de núcleo esteja colocado juntamente ao conteúdo de genética, ainda que a maior parte do material

genético se encontre dentro do mesmo. Nesse sentido, será discutido apenas o conceito de núcleo apresentado pelo Livro A.

Quadro 6 - Conceito de Núcleo presentes nos livros didáticos das escolas e no livro base de genética.

Livro	Conceito de Núcleo
Livro A	“O núcleo contém a maior parte do DNA da célula e tem papel importante na determinação e na manutenção da arquitetura e das atividades da célula e do organismo inteiro. As instruções contidas no núcleo informam se a célula poderá fazer fotossíntese, hidrolisar a lactose ou sintetizar determinado aminoácido.” (p;158)
Livro B	-
Livro C	-
	“A existência do núcleo é a principal característica que distingue a célula eucarionte da procarionte. A maior parte da informação genética da célula está contida no DNA do núcleo, havendo apenas uma pequena porção fora dele, nas mitocôndrias e cloroplastos. Além disso, o núcleo controla o metabolismo celular pela transcrição do DNA nos diferentes tipos de RNA, que são traduzidos em proteínas, os efetores finais da informação genética.” (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2012; p.145)

Fonte: Favaretto (2016); Junqueira et al. (2012)

*JUNQUEIRA, L. C. U.; CARNEIRO, J. **Biologia celular e molecular**. 9 ed. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

O livro A apresenta um conceito adequado de núcleo quando se toma por base a definição de Junqueira et. al. (2012). Diversas atividades ocorrem no núcleo, mas seu papel principal é abrigar o material genético da célula, já que sem o mesmo nada poderia funcionar. Nesse sentido, ambos os conceitos discutem essa importância e, portanto, encontram-se em consonância.

2.4.5 Conceito de cromossomo

O conceito de cromossomo não foi encontrado em todos os livros utilizados nas escolas, sendo que os Livros B e C não apresentaram um conceito de cromossomo, mas apenas o mencionaram durante o texto. O **Quadro 7** apresenta os conceitos encontrados nos livros didáticos e o conceito utilizado como referência retirado de Snustad et al. (2013).

Quadro 7 - Conceito de Núcleo presentes nos livros didáticos das escolas e no livro base de genética.

Livro	Conceito de Cromossomo
Livro A	“Nas células eucarióticas, a maior parte do DNA encontra-se associada a proteínas, no núcleo, como constituinte da cromatina, em filamentos denominados cromossomos.” p.100
Livro B	-
Livro C	-
Genetics	“Cada cromossomo é constituído de uma molécula bifilamentar de DNA e de uma variedade de proteínas; o RNA também pode estar associado aos cromossomos. As células procarióticas geralmente só contém um cromossomo, embora às vezes também tenham muitas moléculas menores de DNA chamadas plasmídeos. A maioria das células eucarióticas contém vários cromossomos diferentes - por exemplo, os espermatozoides humanos têm 23.” (SNUSTAD; SIMMONS, 2013; p. 20)

Fonte: Favaretto (2016); Snustad (2013)

O fato de o conceito de cromossomo não ser encontrado em dois dos três livros didáticos diz muito sobre a importância dada ao mesmo. Tampouco foram abordadas em nenhum dos livros as diferenças entre os cromossomos procarióticos e eucarióticos, como colocado no livro-base. Essa omissão do conceito de cromossomo é preocupante, visto que o conceito fica impreciso na compreensão dos alunos caso não seja devidamente enfatizado pelo professor. Como desfecho, o livro didático não compreende uma fonte de consulta na qual se encontram todos os conceitos trabalhados em sala de aula, ficando o aluno à mercê de outras fontes, as quais podem não ser tão confiáveis.

2.4.6 Organismos Geneticamente Modificados (OGM) e Transgênicos: sobreposições e diferenças

É comum que se confundam os conceitos de OGMs e transgênicos. A distinção entre os conceitos nem sempre é tão clara, inclusive no que diz respeito às definições dos livros base da disciplina de genética. Griffiths et al. (2016) define OGM como “termo popular para um organismo transgênico, especialmente aplicado a produtos agrícolas transgênicos” (GRIFFITHS, 2016; p.728). Esta definição coloca como sinônimos ambos os conceitos. No entanto, o conceito de OGMs é mais abrangente do que isso, conforme Carmo (2006),

Considera-se transgênico o organismo, cujo material genético (genoma) foi alterado, por meio da tecnologia do DNA recombinante ou engenharia genética, pela introdução

de fragmentos de DNA (genes) exógenos, ou seja, genes provenientes de organismos de espécie diferente da espécie do organismo alvo. Esses genes exógenos (pedaços de DNA) são inseridos artificial e intencionalmente no genoma do organismo alvo; são denominados transgenes, e têm a capacidade de conferir ao organismo determinadas características de interesse. Já, os organismos geneticamente modificados – por sua vez – podem ser transgênicos ou não. Assim, se o organismo alvo for modificado geneticamente por um ou mais pedaços de DNA (genes) provenientes de um organismo da mesma espécie do organismo alvo, este é considerado um OGM. (CARMO, 2006; p.320)

Além disso, Ribeiro (2008) apresenta uma definição que concorda com esta, na qual “transgênicos são organismos geneticamente modificados (OGMs), nos quais foi inserido um ou mais genes exógenos em seu genoma e passaram a expressar uma nova característica de especial interesse”.

Estes conceitos contemplam os transgênicos como OGMs, porém este último é definitivamente mais abrangente do que o primeiro. Caso o gene inserido artificialmente seja proveniente da mesma espécie, por exemplo, esse organismo é considerado um OGM, mas não um organismo transgênico, já que o DNA não é advindo de outra espécie. Para fins deste trabalho, estas definições serão utilizadas para os conceitos de OGMs e transgênicos, por se apresentarem como conceitos mais completos.

2.5 Algumas considerações para este trabalho

Tendo em vista tudo o que foi acima exposto, este trabalho se propõe a avaliar o conhecimento de conceitos de genética e suas aplicações de alunos do E.M. de escolas públicas da cidade de Porto Alegre. Para isso, a investigação foi realizada nas três escolas já supra descritas. Não há avaliações deste tipo em escolas do município, portanto, esta também é uma investigação pioneira sobre o assunto, e que traz perguntas novas a serem respondidas por análises futuras.

A avaliação dos conhecimentos de alunos do E. M. sobre as temáticas da genética pode ajudar professores a direcionar a programação das aulas, tendo em vista que estes terão conhecimento específico das dificuldades e facilidades dos alunos na área. Genética é um tema complexo, exatamente por sua interdisciplinaridade com áreas como a matemática, medicina, evolução, geografia, conservação, ecologia, entre outros. Por isso,

espera-se que este trabalho leve a uma reflexão a respeito da temática, no sentido de facilitar a identificação de pontos a serem ressaltados pelos professores em suas aulas.

Ao fazer uma meta-análise da literatura, Araujo e Gusmão (2017) apontam que um dos principais problemas para as dificuldades no ensino de genética é a formação de professores e sua dependência do livro didático para a elaboração das aulas, além da falta de materiais didáticos e a má infraestrutura das escolas. Além disso, em vistas do que tem sido discutido sobre genética, biologia molecular e biotecnologia pela mídia, que nem sempre é feito de forma imparcial, alguns pesquisadores ressaltam a importância da busca pelas novas metodologias de ensino como parte do cotidiano do educador a fim de que as aulas não se tornem obsoletas, erradas ou incompletas (BONZANINI; BASTOS, [s.d.]; RIBEIRO; SANTOS, 2013).

Diante disso, os resultados aqui descritos podem servir como guia para a elaboração de materiais didáticos para o ensino de genética a serem utilizados pelos professores que enfoquem nas principais dificuldades dos alunos.

Esta pesquisa está anexada a seguir e foi escrita em forma de artigo para ser enviada à revista *Genética na Escola*, ISSN 1980-3540.

2.6 Justificativa

A escolha da temática veio de experiência pessoal do estágio em biologia realizado em uma escola técnica estadual central do Município de Porto Alegre, RS, durante o segundo semestre de 2018. A dificuldade dos alunos em conteúdos como genética foi muito visível, principalmente porque no estágio o assunto trabalhado foi evolução (conteúdo que é ensinado logo após o conteúdo de genética no currículo do E.M. e cujo entendimento está intimamente associado aos conceitos da mesma) e ficou evidente a falta de base nesse conteúdo. Além disso, conversando com os alunos, foi possível perceber que alegaram não gostar de estudar genética, achavam muito complexo e não conseguiam relacionar com o seu próprio cotidiano.

A partir dessa questão, torna-se de extrema importância entender melhor o que os alunos compreendem de genética e de suas aplicações. Os conhecimentos dos alunos indicam que conteúdos trabalhados em sala de aula não parecem contemplar os temas de interesse público, o que é grave, levando em consideração que um dos papéis da escola segundo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) é formar para o

pleno exercício da cidadania (BRASIL, 1996). Nesse sentido, houve a motivação para compreender melhor se a escola está formando os alunos para o entendimento crítico dos conteúdos ou se está focada em abordagens clássicas conteudistas.

2.7 Objetivos

Tendo em vista a importância de investigar os conhecimentos dos alunos de E.M. para melhor investir na elaboração de estratégias didáticas, esta pesquisa tem como objetivo principal investigar os conhecimentos de alunos do E.M. de escolas públicas de Porto Alegre a respeito de conceitos do conteúdo de genética e a sua capacidade de articulá-los com assuntos cotidianos discutidos na mídia.

2.7.1 Objetivos Específicos

- I. Investigar se os alunos do E.M. de três escolas públicas de Porto Alegre têm conhecimento sobre conceitos chave de genética: genes, DNA, núcleo, cromossomos, alelos e informação genética.
- II. Analisar se são capazes de relacionar a genética com as seguintes questões de interesse público: clonagem, transgênicos, OGMs, câncer, sequenciamento de genomas, células tronco, terapia gênica, testes de paternidade e melhoramento genético.
- III. Analisar a opinião dos alunos sobre o uso da genética e biotecnologia para finalidades como melhoramento de plantas, células embrionárias humanas, produção de novos medicamentos farmacêuticos, diagnosticar ou tratar doenças, seleção de gado (produção de carne ou leite), fertilizações *in vitro* e geração de organismos transgênicos.

3 PARTE 2: ARTIGO

3.1 Introdução

Com o desenvolvimento científico, muitas técnicas em biotecnologia e engenharia genética vêm avançando e alcançando um patamar social muito importante, principalmente através da popularização dos conhecimentos de genética. Recentemente, assuntos como clonagem, transgênicos, organismos geneticamente modificados (OGMs), câncer, sequenciamento de genomas, células tronco, terapia gênica, testes de paternidade, melhoramento genético, entre outros, estão sendo amplamente noticiados com relação aos parâmetros éticos, científicos e tecnológicos (ARMENTA, 2008). Nessa perspectiva, é sumamente importante que a educação básica, via de formação de cidadãos capazes de ter uma opinião crítica, consiga abordar essas discussões, principalmente a fim de fomentar um posicionamento autônomo dos diferentes segmentos da sociedade.

O ensino de biologia com enfoque nas implicações para a ciência-tecnologia-sociedade vem sendo discutido por outros investigadores (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007), assim como definida como fundamental pela Base Nacional Comum Curricular:

Espera-se, também, que os estudantes possam avaliar o impacto de tecnologias contemporâneas [...] em seu cotidiano, em setores produtivos, na economia, nas dinâmicas sociais e no uso, reuso e reciclagem de recursos naturais. Dessa maneira, as Ciências da Natureza constituem-se referencial importante para a interpretação de fenômenos e problemas sociais. (BRASIL, 2018a; p. 550)

Nesse sentido, conteúdos de genética debatidos em sala de aula devem estar diretamente associados às situações vividas pelos alunos, a fim de fomentar posicionamentos críticos e responsáveis.

No entanto, outros fatores influenciam diretamente o ensino de genética. Alguns autores demonstram que o conhecimento de genética de alunos do Ensino Médio (E.M.) está longe de ser ideal, sendo que muitos estudantes ainda têm uma postura religiosa que pode interferir e dificultar a dedicação aos estudos científicos (ALVES et al., 2005; GUIMARÃES; CARVALHO; OLIVEIRA, 2010). Muitos alunos têm dificuldades de relacionar conceitos como “cromossomo”, “gene” e “alelo”, “têm a concepção de que o alelo se situa num gene e que cromossomo é o conjunto de genes” (BEZERRA;

GOULART, 2013; p. 224), conceitos considerados básicos para o entendimento da genética e biologia por trás das discussões supracitadas.

O conteúdo de genética corresponde a uma das temáticas de maior dificuldade trabalhadas no ensino básico (ROCHA; SPERANDIO, 2016), e essa dificuldade não se encontra apenas entre estudantes de escolas brasileiras. Outros autores também relataram defasagens nos conhecimentos de biotecnologia e genética quando analisaram alunos do E.M. argentinos (GRANDE; MELILLÁN; VILANOVA, 2009; OCCELLI; VILAR; ESTEBAN, 2011). Em uma pesquisa com alunos dos últimos anos da escola básica na cidade de Córdoba, Occeci et al. (2011) descrevem a falta de conhecimento do termo biotecnologia e muitos de seus processos tradicionais, como na produção de alimentos com microorganismos. Essa falta de conhecimento de genética parece não estar presente apenas em alunos do E.M., mas também na população em geral (PORRAS; PUIFCERVER, 2009).

O livro didático também desempenha um papel fundamental no ensino básico, sendo um instrumento elementar do mesmo. Em uma investigação acerca de como a biotecnologia é abordada em livros didáticos, Fonseca e Bobrowski (2015) encontraram que os temas mais presentes são aqueles mais discutidos na mídia, como transgenia, terapia gênica, clonagem e células-tronco. No entanto, análises envolvendo o livro didático argumentam que o Brasil dá pouca importância ao tema de genética, com apenas cerca de 18% do livro destinado a esse conteúdo, além de focar em sua maioria em temáticas de genética humana (PROCHAZKA; FRANZOLIN, 2018). Outro estudo com 12 livros didáticos indica que no máximo 3,8% desses são dedicados a temas da Nova Biologia (termo definido pelos autores que abarca temáticas de debates frequentes como transgênicos, terapias gênicas, clonagem, células tronco, teste de paternidade, etc.), sendo que a maior parte dos livros dedica apenas de 1% a 2% de sua abordagem a esses assuntos (XAVIER; FREIRE; MORAES, 2006). Ainda, Vilas-Boas (2006) sugere que há muitos erros conceituais presentes em livros, o que dificulta ainda mais o processo pedagógico.

Trabalhar em sala de aula com conteúdos de genética é um desafio para o professor de biologia, já que se trata de um tema muito complexo, abstrato e que envolve questões éticas muito importantes. Além disso, muitos professores relatam que a baixa carga horária e a fragmentação dos conteúdos durante o E.M. dificultam o ensino aprofundado de determinadas questões teóricas, como, por exemplo, as teorias da

genética evolutiva (SILVA; FRANZOLIN; BIZZO, 2016). Levando em conta que os alunos têm dificuldade na temática e que o livro didático não dá conta de realizar a discussão aprofundada dos conteúdos, é de suma importância que se entenda melhor quais questões são as maiores dificuldades para os alunos. Além disso, a escola forma para a cidadania e a capacidade de reflexão e de formação de ponto de vista é fundamental no desenvolvimento dos alunos. Por isso, a relevância da temática aqui proposta é de compreender melhor quais são os pontos que devem ser mais discutidos e enfatizados pelos professores a fim de formar alunos com uma capacidade crítica e de compreensão científica robusta dentro da temática de genética.

Tendo em vista tudo o que foi acima exposto, este trabalho se propõe a avaliar quais os conhecimentos de genética de alunos do E.M. de escolas públicas da cidade de Porto Alegre. Para isso, a investigação foi realizada em três escolas do município de Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul. Não há avaliações deste tipo em escolas do município, portanto, esta também é uma investigação pioneira sobre o assunto, e que traz muitas perguntas novas a serem respondidas por análises futuras.

A avaliação dos conhecimentos de alunos do E. M. sobre as temáticas da genética pode ajudar professores a direcionar a programação das aulas, tendo em vista que estes terão conhecimento específico das dificuldades e facilidades dos alunos na área. Genética é um tema complexo, exatamente por sua interdisciplinaridade com áreas como a matemática, medicina, evolução, geografia, conservação, ecologia, entre outros. Por isso, espera-se que este trabalho leve a uma reflexão a respeito da temática, no sentido de facilitar a identificação de pontos a serem ressaltados pelos professores em suas aulas.

3.2 Metodologia

Esta pesquisa visou a fazer um levantamento de quais são os conhecimentos de genética e suas aplicações de alunos do E.M. de três escolas públicas de Porto Alegre. Além disso, procurou compreender se os alunos são capazes de articular os conhecimentos de genética com temas que estão sendo discutidos na atualidade. Para isso, foi proposto um questionário para ser respondido na modalidade escrita pelos alunos, com vistas a, posteriormente, traçar uma análise sobre os conhecimentos dos alunos.

3.2.1 Questionário

O questionário utilizado consiste em questões objetivas e dissertativas (**Apêndice 1**) ao qual os alunos responderam individualmente. Ambos os questionários foram respondidos por alunos do terceiro ano do E.M., com vistas a traçar um pequeno panorama sobre o que alunos que estão concluindo o ensino básico em escolas públicas compreendem sobre genética e suas aplicações.

A Parte 1 do questionário foi traduzida para este projeto da primeira parte do questionário de Lewis e Wood-Robinson (2000), aplicado a estudantes da Inglaterra. Como principais objetivos desta parte, utilizou-se as seguintes abrangências, conforme Lewis e Wood-Robinson (2000):

- 1) *Sequencia de tamanho*: os alunos responderiam a respeito da ordem de tamanho das seguintes unidades: células, cromossomos, gene, DNA, organismo e núcleo. Esta questão teve como principal objetivo analisar se os alunos compreendem a inter-relação entre os conceitos e suas respectivas ordens de grandeza.
- 2) *Seres vivos*: nestas questões os alunos deveriam relacionar os conceitos supracitados com diversos organismos de vários reinos biológicos (árvores, samambaias, mamíferos, insetos, vírus e bactérias). O principal objetivo é compreender se os alunos conseguem relacionar os seres vivos e sua genética.
- 3) *Termos genéticos*: este tipo de questão avalia o conhecimento dos alunos sobre os termos “genética”, “gene”, “DNA”, “núcleo”, “cromossomo”, “alelo” e “informação genética”, incluindo ideias de localização e função de cada um.

A Parte 2 do questionário foi traduzida e adaptada de Occelli et al. (2011), em que algumas questões foram modificadas e outras acrescentadas. Esta parte incluiu conceitos de aplicações em biotecnologia e genética, nos quais se avaliou atividades vinculadas a processos e aplicações de ambas as áreas, atitudes dos alunos com relação às mesmas, e os respectivos meios de comunicação mais usuais nos quais os alunos adquirem seus conhecimentos nestas áreas.

3.2.2 Piloto

Antes da aplicação em escolas, realizou-se uma aplicação inicial do questionário, em que seis alunos de graduação do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas foram convidados a responder ao questionário. Todos os participantes estavam realizando

estágio de docência em E.M. à época e eram envolvidos com o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência da UFRGS.

Os participantes opinaram sobre a adequação do questionário quanto a dois pontos: 1) quanto a seu tempo de execução para alunos do Ensino Médio e 2) quanto à linguagem utilizada; a fim de que estes possam ser adaptados para posterior aplicação em escolas. O intuito do estudo piloto foi que o questionário ficasse com linguagem acessível aos estudantes de E.M., assim como fossem respondidos dentro do tempo previsto (máximo de 40 minutos). A partir das observações destes alunos, os questionários foram adaptados conforme o descrito acima. Estes dados ficaram apenas para adequação do questionário anterior à sua aplicação em escolas.

3.2.3 Sujeitos da pesquisa

Os sujeitos da pesquisa foram alunos do E.M. de três escolas públicas da cidade de Porto Alegre, uma Escola Federal, uma Escola Técnica Estadual (E. T. E.) da área central e uma Escola Estadual de Ensino Médio (E. E. E. M.) de bairro central. As turmas para aplicação foram escolhidas conjuntamente com a direção de cada escola e os professores. Todos eram alunos de turnos regulares, do terceiro ano do E.M., que concordaram em participar da pesquisa, realizada de forma anônima. A amostragem das escolas foi feita por conveniência, já que dependeu da concordância da escola e da facilidade de acesso à escola por parte das pesquisadoras. Para isso, as escolas concordaram em participar da pesquisa através de um termo de anuência (o modelo encontra-se no **Apêndice 2**).

3.2.4 Aplicação do questionário

A aplicação do questionário requereu dois encontros no horário concedido pela escola e acordados com o professor de Biologia. No primeiro, os alunos foram informados sobre a pesquisa e convidados a participar, além de levarem para casa o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) para a assinatura deles e de responsáveis (para aqueles menores de 18 anos). O TCLE e o TALE (**Apêndice 3**) foram elaborados em conformidade com a Resolução 466/12 e Resolução 510/16 do Conselho Nacional da Saúde. Os alunos foram, na ocasião, convidados a participar voluntariamente do projeto, estando livres para decidir se queriam ou não participar. Foram esclarecidos os riscos envolvendo a pesquisa

e que os alunos eram livres para desistir de participar a qualquer momento durante a pesquisa. O segundo encontro consistiu na aplicação do questionário aos alunos, que teve duração de, no máximo, 40 min, um período do turno escolar.

3.2.5 Análise de dados

As respostas discursivas e objetivas foram analisadas segundo diferentes parâmetros, conforme descritos a seguir. O conjunto de ambas as análises trouxe uma visão geral sobre os conhecimentos e compreensão dos alunos.

Os dados de respostas dissertativas foram analisados a partir de uma perspectiva qualitativa. Para isso, houve três momentos de análise, conforme descrito por Bardin et. al. (2000):

- 1) Pré-análise: em que os dados foram organizados, transcritos, e primariamente revisados. O objetivo foi que surgissem hipóteses emergentes com respeito às respostas dos alunos, que levaram à escolha de índices que representassem os principais tipos de respostas dados pelos alunos.
- 2) Exploração do material: em que ocorre a codificação/categorização propriamente dita das respostas em função dos índices previamente escolhidos na pré-análise.
- 3) Tratamento dos resultados obtidos e interpretação: análise de frequências de respostas para fins de descrição e análise de dados.

Quanto à análise geral das respostas, foi dado um peso a cada uma das questões, totalizando finalmente em 50 pontos. No que diz respeito às questões dissertativas, a questão 1 teve um peso diferenciado (peso 3/50), sendo que as demais questões dissertativas tiveram um peso de 2/50. À questão 3, por se tratar de uma questão em que os alunos deveriam conectar e representar hierarquicamente a maior parte dos conteúdos apresentados, foi determinado peso 6. A questão 4, no total, apresentou peso 6, sendo as letras (a), (b) e (c) com peso 2 cada uma. Às questões 13, 14 e 15 foi atribuído peso 3, enquanto que a todas as questões que diziam respeito à opinião e algum tipo de julgamento sobre o próprio saber não foi atribuída nota (questões 4a, 5, 12, 16 e 17). As questões objetivas corretas foram contabilizadas como número de acertos de cada aluno e as questões dissertativas foram tomadas como corretas quando o aluno respondia de acordo com a categoria considerada correta para cada questão.

Foram calculadas as médias de desempenho gerais e para cada questão, assim como as médias por escola. As diferenças de desempenho geral e em cada questão entre os alunos de cada uma das escolas foi analisado com o teste de ANOVA de uma via para a comparação de médias. As respostas das alternativas da questão 5 foram correlacionadas com as questões que perguntavam a respeito de cada uma delas (6, 7, 8, 9, 10 e 11). Posteriormente, o resultado do desempenho dos alunos em diversas questões foi correlacionado com o quanto os mesmos alegaram compreender dos ditos assuntos.

3.3 Resultados e Discussão

Um total de 56 alunos participaram da pesquisa, sendo 18 alunos da Escola Federal, 12 alunos do da Escola Estadual de Ensino Médio de bairro central e 26 alunos da Escola Técnica Estadual Central.

A partir das respostas dadas às questões dissertativas, foram estabelecidas categorias às quais a resposta do aluno poderia ser contemplada ou não. Essas categorias, assim como a frequência de respostas em cada uma delas, estão descritas na **Tabela 1**. À exceção da categoria “Sangue”, que surgiu em resposta à pergunta “7 (a) Onde, no seu corpo, o DNA se encontra?”, todas as outras categorias surgiram mais de uma vez ou como categorias muito similares em resposta a perguntas diferentes. Para fins de pontuação, uma ou mais categorias foram consideradas corretas nas questões 6(c), 7(a), 7(b), 8(b), 9(c), 10 e 11; nestas, a resposta do aluno poderia contemplar mais de uma categoria e valeu 1 ponto caso nomeasse apenas uma categoria correta e 1,5 caso nomeasse 2 ou mais categorias corretas (esses valores foram posteriormente balanceados conforme os pesos de cada questão, conforme descrito na metodologia). Os alunos foram avaliados conforme as respostas corretas em cada categoria e conforme o número de acertos nas questões objetivas.

Tabela 1. Frequência de respostas a cada categoria para cada uma das questões dissertativas.

Questão	Nada/ Não sei	Outros	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4	Categoria 5
1) Escreva de forma breve o que você entende por Genética.*			Hereditariedade**	Gene, DNA, cromossomos**	Informações/Características**		
	12	14	4	13	4		
6.(a) Onde, no seu corpo, os genes se encontram?				DNA/Cromossomos**	Características	Células/ Núcleo	
	13	3		28	3	9	
6.(b) Do que genes são feitos?				DNA*	Informações Genéticas/Cromossomos		
	23	12		9	12		
6.(c) Por que genes são importantes?*			Doença/ Hereditariedade**		Características/ Genótipo&Fenótipo**		Proteína
	19	7	13		22		4
7.(a) Onde, no seu corpo, o DNA se encontra?*				Cromossomos**		Células/ Núcleo**	Sangue
	9	13		6		22	9
7.(b) Por que o DNA é importante?*			Hereditariedade/ Parentesco**		Informações Genéticas**		Genes/ Proteína**
	14	8	9		22		6
8.(a) Onde o núcleo se encontra?						Célula**	
	15	7				34	
8.(b) O que o núcleo contém?*				DNA e RNA, cromossomos**	Informação genética		
	24	7		22	6		
8.(c) Qual é a função do núcleo?				Abrigar genes/DNA**	Guardar informações genéticas		
	34	7		9	6		
9.(a) Onde se encontram os cromossomos?				No DNA		Células/ Núcleo**	
	21	3		9		23	
9.(b) Do que os cromossomos são feitos?				DNA**	Informações genéticas		
	31	12		7	6		
9.(c) Por que cromossomos são importantes?*			Hereditariedade/ Doenças**	DNA**	Informações/ Características		Definir Sexo/ Divisão celular**
	29	9	6	5	8		6
10. Como você poderia descrever um alelo?*			Hereditariedade/ Dominância**	DNA/Gene/Cromossomo**	Define características**		
	29	9	5	13	10		
11. O que você acha que quer dizer "informação genética"?*			Herança/ Doença**	Gene/DNA**	Características**		
	14	9	16	16	15		

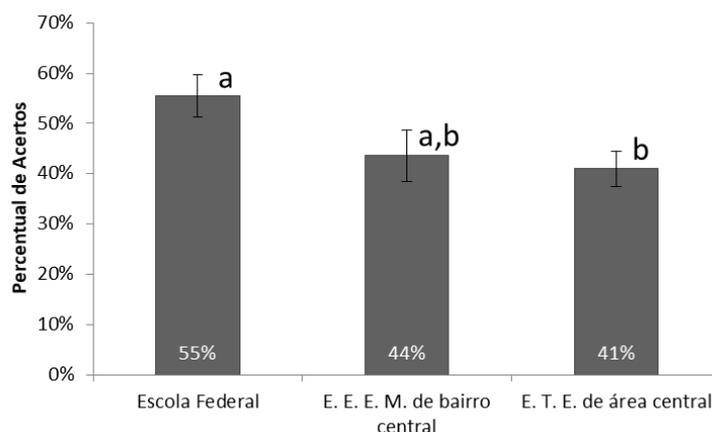
Fonte: elaboração própria para este trabalho.

As categorias repetidas foram colocadas uma abaixo da outra para fins de melhor visualização. Abaixo de cada categoria, o número identifica a quantidade de respostas por categoria (frequência absoluta de respostas). *Para estas perguntas, permitiu-se que a resposta dos alunos contemplasse mais de uma categoria. **Estas categorias foram consideradas corretas para fins de pontuação da questão.

3.3.1 Médias de desempenho gerais e por escola

A média de desempenho geral dos alunos no questionário ficou de $46,2\% \pm 18,57\%$ acertos. Os alunos das três escolas apresentaram as médias de $55,43\% \pm 4,1\%$ para a Escola Federal, $43,65\% \pm 5,1\%$ para a E. E. E. M. de bairro central e $40,98\% \pm 3,4\%$ para a E. T. E. de região central. Os alunos da Escola Federal apresentaram uma diferença no rendimento apenas com os alunos da E. T. E. de região central segundo análises por ANOVA de uma via, conforme ilustrado na **Figura 1**.

Figura 1. Médias de rendimento geral por Escola no questionário.



Fonte: Elaboração a partir de dados deste trabalho.

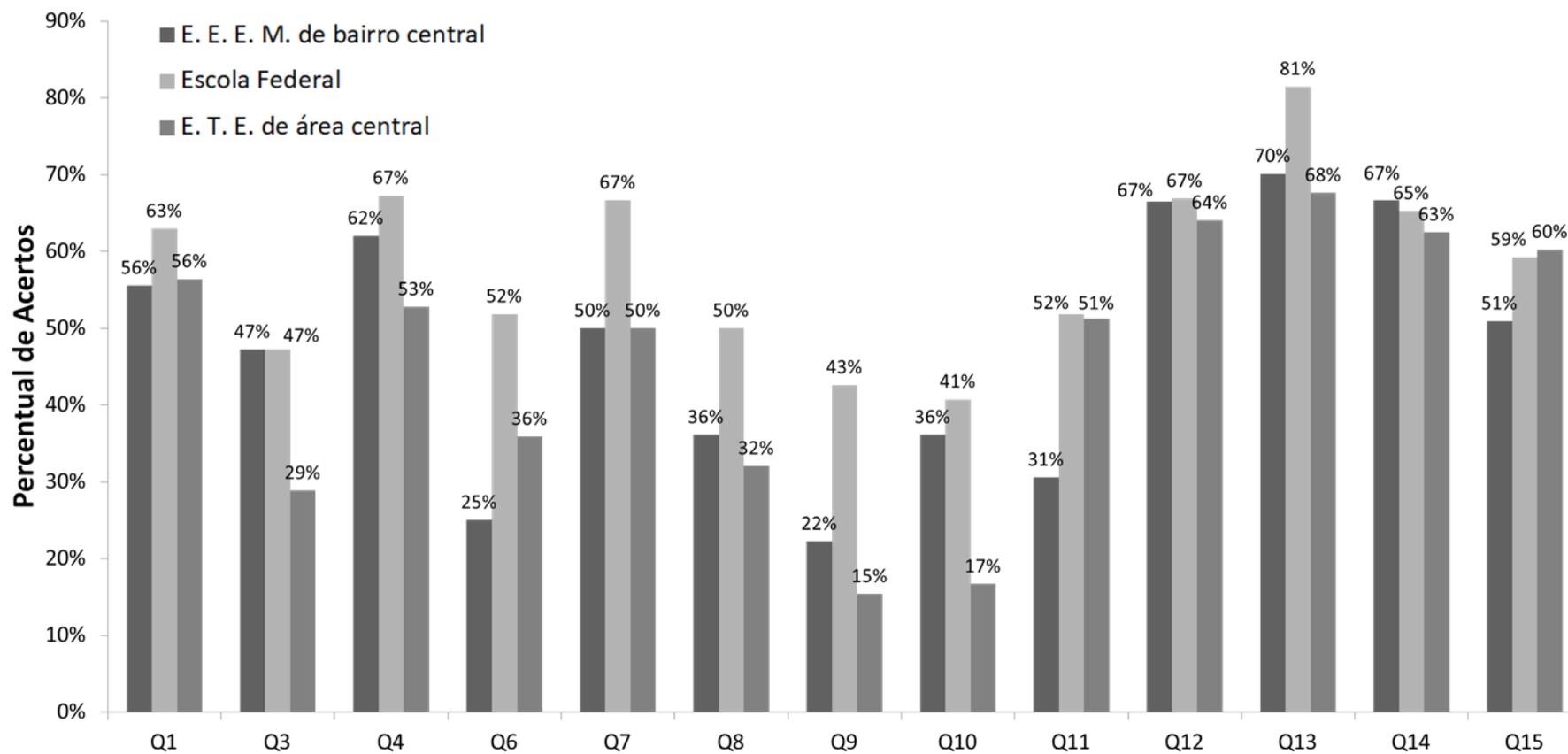
Ainda que o questionário avaliasse apenas conceitos básicos de genética, importantes para o posterior entendimento das leis mendelianas, o desempenho médio geral dos alunos foi abaixo de 50%. No que tange ao desempenho em cada uma das questões especificamente, os alunos da Escola Federal apresentaram diferença no desempenho nas questões 6(a) e 6(b) com os alunos da E. E. E. M. de bairro central, tendo uma média de rendimento significativamente maior nessas questões ($66,7\% \pm 11,8\%$ e $41,7\% \pm 11,4\%$ na questão 6a e $33,3\% \pm 8,3\%$ e $0\% \pm 10,23\%$ na questão 6b respectivamente). Os alunos da Escola Federal também apresentaram um rendimento significativamente maior nas questões 9, 9(b) e 13 com relação aos alunos da E. T. E. da área Central ($42,6\% \pm 6,7\%$ e $15,4\% \pm 5,6\%$ na questão 9; $33,3\% \pm 7,18\%$ e $0\% \pm 5,9\%$ na

questão 9(b); e $81,5\% \pm 4,03\%$ e $67,6\% \pm 3,35\%$ na questão 13 respectivamente). Estes resultados estão representados na **Figura 2**.

Os alunos da Escola Federal tiveram um desempenho significativamente melhor em diversas questões quando comparados às outras escolas, além de um desempenho médio geral maior do que 50%. A Escola Federal é uma escola diferenciada de ensino público, na qual a carga horária de trabalho dos professores é melhor dividida no sentido de terem mais tempo de elaboração das aulas, além de haver um número menor de alunos por professor segundo o censo publicado pelo INEP (2018).

Além disso, quanto à formação dos professores, que em sua maioria têm doutorado, é maior do que os das demais escolas. Uma das hipóteses de explicação para o rendimento superior dos alunos da escola seria o papel da formação de professores no ensino de genética. Corroborando com essa hipótese, (BONZANINI; BASTOS, [s.d.]) aponta que a formação de professores de ciências e o investimento na atualização científica, técnica e cultural é fundamental para que haja êxito no ensino-aprendizagem. Os estudos de Nunes et al. (2006) também ressaltam a importância na formação dos professores especificamente para o ensino e elaboração de estratégias didáticas em biologia, já que dominar o conteúdo não é suficiente para ensiná-lo. Assim como a carga horária do profissional docente, sua formação também é uma característica essencial no que diz respeito ao entendimento e à aprendizagem dos alunos, como assinala Stern et al. (2017).

No entanto, esses não são os únicos problemas enfrentados na E. T. E. da área Central e na E. E. E. M. de bairro central. Diferentemente da Escola Federal, em que a verba de investimento vem diretamente do governo federal, ambas as escolas passam por problemas estruturais devido à falta de investimento público, o que prejudica muito as aulas de forma geral. A educação pública do estado do Rio Grande do Sul também vem sofrendo inúmeros cortes, além de que o salário dos professores do estado é um dos menores do Brasil e não cumpre com o piso salarial do estado, que vem sendo parcelado desde 2015. A desvalorização dos professores tem impacto tanto em sua atuação quanto na escolha profissional de jovens que irão entrar no ensino superior (MASSON, 2016) e a desvalorização atinge diretamente os resultados apresentados nesta investigação.

Figura 2. Médias de rendimento por questão por escola no questionário.

Fonte: Elaboração a partir de dados deste trabalho.

3.3.2 Os conceitos de genética e sua ordem de grandeza

Grande parte dos alunos demonstrou dificuldade de entender a relação entre os conceitos de gene, DNA e cromossomos, sendo que 60,7% dos alunos não soube relacioná-los na ordem hierárquica adequada na questão 3: apenas 10 (~18%) dos alunos respondeu corretamente a toda a questão. Além disso, quando perguntados “Do que genes são feitos?”, apenas 16% dos alunos apontou que genes são feitos de DNA e mais de 20% dos alunos respondeu que os genes eram feitos de cromossomos ou informações genéticas. Quando perguntados sobre onde o DNA se encontra, apenas 6 alunos (10,7%) apontaram que ele fazia parte dos cromossomos, enquanto 9 (16%) dos alunos disseram que o DNA se encontra no sangue. Além disso, 16% dos alunos também afirmaram que os cromossomos se encontram no DNA.

Esses erros conceituais presentes nas respostas de alunos do E.M. já foram bem descritos na literatura e estão de acordo com o reportado por diversos autores tanto nacional quanto internacionalmente (AGORRAM et al., 2010; ARMENTA, 2008; FABRÍCIO et al., 2006; GERICKE; HAGBERG, 2007; MUELA; ABRIL, 2014; QUINN; PEGG; PANIZZON, 2009; RATZ; MARTINS; MOTOKANE, 2013; TOPÇU; PEKMEZ, 2009). Em sua investigação com alunos do E.M. ingleses, Lewis et al. (2000) encontrou que 25% dos alunos entrevistados consideraram que gene é maior do que cromossomo. Em outra investigação também com alunos de terceiro ano do Instituto Federal de Goiás, Bezerra (2013) encontrou que 17% dos alunos acreditavam que um alelo se situa num gene e que o cromossomo é um conjunto de genes. Outros resultados parecidos foram relatados por Giacóia (2006), em que, ao investigar estudantes do terceiro ano do interior do estado de São Paulo, encontrou que 12,5% de sua amostra confundiu genes com células quando perguntados “o que são genes?”.

Diversos autores (ARMENTA, 2008; INFANTE-MALACHIAS et al., 2010; PEDRANCINI et al., 2007) também relataram que os alunos indicaram que o DNA está presente avulso no sangue, o que parece ser um erro comum. Pedrancini et al. (2007) discutem que este erro está atrelado a

“influências de antigas concepções de que a hereditariedade era transmitida pelo sangue, ou, mais provavelmente, das divulgações da mídia sobre os atuais testes de paternidade e exames criminalísticos baseados na análise de DNA extraído do sangue” (PEDRANCINI, 2007; p.304)

Outra hipótese sobre a origem destas concepções é que, em geral, ao explicar codominância, os professores recorrem muito ao exemplo do tipo sanguíneo, o que pode levar a distorções conceituais por parte dos alunos.

Estes dados demonstram a necessidade de organizar os conceitos apresentados na introdução à genética conforme sua ordem de grandeza e localização. Ainda que tome tempo a mais de outros conteúdos, o entendimento destes conceitos é a base para a posterior compreensão de todos os mecanismos genéticos e, portanto, é essencial para o desenvolvimento do conhecimento nesta disciplina. Quinn et al. (2009) indicam que uma abordagem alternativa poderia ser apresentar e enfatizar os conceitos de cromossomo e DNA também durante o ensino do conteúdo de meiose, a fim de que os alunos já se familiarizem com os conceitos de forma prévia.

3.3.3 Informação genética

O conceito de informação genética apareceu repetidas vezes como resposta a diversas perguntas. Quando questionados “por que o DNA é importante?”, relatos como “é importante, pois nele contém todas as informações sobre meu organismo” ou “porque ele tem todas as informações genéticas e é ele quem define o que somos” foram comuns. Esse tipo de resposta se repete para múltiplas questões dissertativas, como “do que genes são feitos?”, “por que o DNA é importante?”, “o que o núcleo contém?”, “qual a função do núcleo?”, “do que cromossomos são feitos?” e “por que cromossomos são importantes?”. No entanto, o conceito de “informação genética” parece ser vago para os alunos, que de alguma forma simplificaram todos os processos intermediários entre a estrutura física do DNA e o fenótipo/característica propriamente ditos.

Quando questionados sobre o que é informação genética, 15 (26,8%) alunos responderam que está relacionado com nossas características, 16 (28,6%) alunos responderam que são características hereditárias ou que definem doenças e 16 (28,6%) alunos responderam que são “informações contidas” em nossos genes ou nosso DNA. Respostas como “a informação que o cromossomo carrega, como a cor dos olhos, do cabelo, doenças” foram muito comuns a essa questão, demonstrando que os alunos não compreendem como está de fato essa informação nos cromossomos, genes ou DNA e como ocorre a transição entre o material genético e o fenótipo. Eles parecem indicar vagamente que há estruturas que “contêm” as informações que definem diretamente as características dos seres vivos, e é isso que gene, DNA, cromossomos e núcleo têm em comum. Outros autores relataram respostas

parecidas a estas questões (ARMENTA, 2008; GIACÓIA, 2006; LEWIS; LEACH; WOOD-ROBINSON, 2000; PEDRANCINI et al., 2007), nas quais os alunos se utilizam do conceito de “informações/material genético” como sinônimo de gene, DNA e alelo.

Apenas quatro alunos (~7%) reiteraram a ligação entre genes e proteínas, reproduzindo o conceito clássico de gene, mas nenhum deles assinalou a possibilidade de sua importância para a produção de RNAs funcionais. Conforme apontado por Stern et al. (2016), os alunos têm a concepção de que um gene necessariamente está atrelado a uma característica, o que se constitui como uma visão determinista da genética. Os autores discutem que os estudantes de E.M. frequentemente acreditam que os genes são determinantes das características dos organismos, sem compreender os mecanismos complexos que estão relacionados ao desenvolvimento dos fenótipos e nem a influência do ambiente no mesmo. Ainda, Gericke et al. (2013) encontraram resultados similares ao entrevistar alunos do E.M. ingleses, em que os alunos frequentemente relacionaram os conceitos de gene a características, mas tinham maiores dificuldades em compreender as relações entre fenótipo e genótipo. Assim como as respostas relatadas para este estudo, os autores indicam que os alunos praticamente relacionavam genes como um sinônimo de características (GERICKE; WAHLBERG, 2013).

Isto demonstra um erro no entendimento do conceito de gene. Para Griffiths (2016), gene é uma “unidade física e funcional fundamental da hereditariedade, que carrega informação de uma geração até a próxima; um segmento de DNA composto por uma região transcrita e uma sequência reguladora que torna a transcrição possível” (GRIFFITHS et al., 2016; p.724). Nesse sentido, um gene não necessariamente codifica para um fenótipo, mas sempre para um RNA, que pode ser traduzido (no caso de RNA mensageiro) ou não (no caso de todos os outros RNA funcionais como o RNA transportador ou ribossômico). A concepção de que gene está diretamente atrelado a uma característica ou à “informação genética” é uma ideia muito vaga e que ainda leva em consideração a definição clássica de “um gene, uma proteína”; definição essa que também pode levar a uma concepção errônea de que a genética é determinista. Thörne et al. (2014) trazem uma importante reflexão acerca da importância de enfatizar quais são os produtos da transcrição e tradução gênica, já que muitas vezes os professores não esclarecem como uma proteína está associada à expressão de determinada característica. Por isso, professores devem atentar a estes equívocos comuns e enfatizar qual a importância e o papel dos genes e material genético, assim como desmistificar a visão determinista de que genes definem as características.

3.3.4 Seres vivos e genética

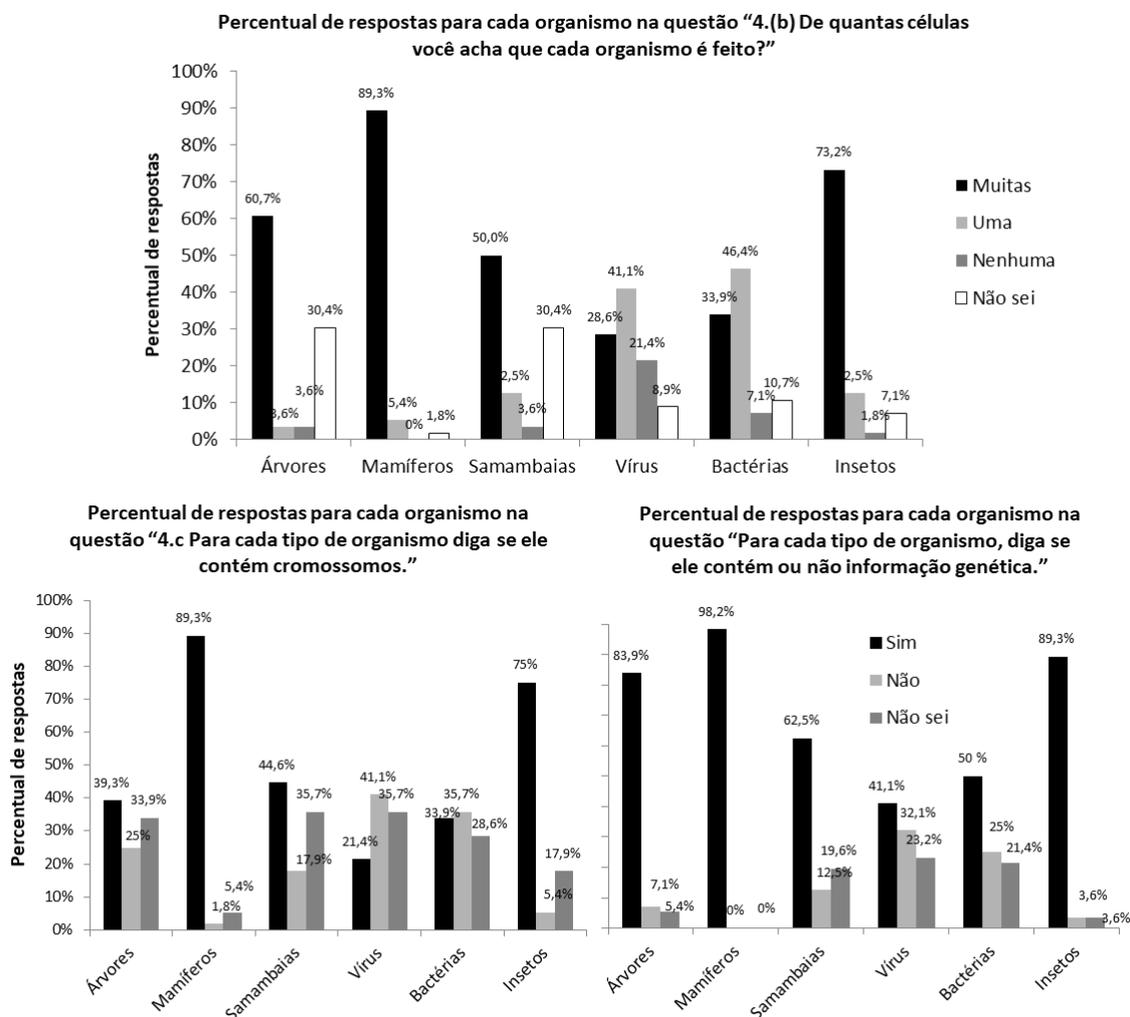
Para a questão 4b, “de quantas células você acha que cada organismo é feito?”, grande parte dos alunos respondeu corretamente para árvores (60,7%), mamíferos (89,3%), samambaias (50%), bactérias (46,4%) e insetos (73,2%), enquanto houve uma grande confusão na resposta a vírus: 28,6% dos alunos indicou que estes organismos tinham muitas células, 41,1% indicou que têm uma célula, 21,4% indicou que não têm nenhuma célula e 8,9% indicou não saber. Quando perguntados se os organismos possuem ou não cromossomos (questão 4c), 41,1% e 35,7% dos alunos indicou que vírus e bactérias não possuem cromossomos respectivamente. Em contrapartida, 89,3% e 75% indicaram que mamíferos e insetos possuem cromossomos respectivamente. Por último, quando perguntados se há ou não informação genética para cada um dos organismos, a maior parte dos alunos respondeu que sim para todos os organismos, sendo que para mamíferos, 98,2% dos alunos respondeu que sim e para vírus apenas 41,1% dos alunos respondeu que sim. Estes resultados estão ilustrados na **Figura 3**.

Em todas as questões, os alunos pareceram responder com mais acurácia quando se trata de mamíferos do que dos demais seres vivos. Uma possível razão que explicaria por que os alunos sabem mais sobre mamíferos é que ainda há uma forte influência antropocentrismo mesmo dentro do ensino de biologia (JUNQUEIRA; KINDEL, 2009). Hernández et al. (1995) propõe que os professores iniciem o ensino de genética a partir da genética humana, já que esse conteúdo é mais próximo da realidade dos alunos do que, por exemplo, as ervilhas (no caso das leis de Mendel). No entanto, essa aproximação reforça o caráter antropocentrismo de ensino, o que acaba limitando os conhecimentos dos alunos. A partir de uma investigação sobre a influência do antropocentrismo nos livros didáticos e para o magistério de ciências, Daitx (2010) aponta para a necessidade de que o professor aborde de forma crítica o antropocentrismo em sala de aula, fugindo do utilitarismo ao falar de seres vivos.

Estudos com alunos do E.M. reportaram que os participantes destas investigações não têm domínio quanto à presença ou não de cromossomos e multicelularidade em plantas (ARMENTA, 2008; BANET; AYUSO, 2000; HERNÁNDEZ; AYUSO, 1995). Muitos estudantes também parecem não compreender a relação entre cromossomos e informação genética, assinalando em alguns casos que os mesmos organismos têm informação genética, mas não têm cromossomos. Resultados similares também foram reportados em uma investigação com estudantes ingleses (LEWIS; LEACH; WOOD-ROBINSON, 2000). Essa incongruência nas respostas ressalta o discutido anteriormente quanto à confusão do conceito

de “informação genética”, já que os alunos não o relacionam necessariamente com nenhuma estrutura física, como DNA ou gene.

Figura 3. Frequências relativas de respostas às questões 4(b), (c) e (d).



Fonte: Gráficos elaborados para este trabalho.

Fica evidente que os alunos ainda não têm claro se vírus e bactérias têm ou não célula, cromossomos e informação genética e qual a inter-relação entre os conceitos. As dificuldades apresentadas nesta questão trazem à tona a necessidade da contextualização da genética entre os seres vivos antes do aprofundamento no conteúdo. É importante que, ao iniciar o ensino de genética, o professor relacione como ela está presente e se expressa nos seres vivos, inclusive no sentido de relacionar posteriormente esses conteúdos com evolução biológica.

3.3.5 Relação entre o que os alunos julgam saber e o que realmente sabem

Quanto ao julgamento dos alunos no tocante ao quanto sabiam sobre gene, DNA, núcleo, cromossomos e alelos e informação genética (questão 5), mais de 50% dos alunos alegaram já ter ouvido falar e saber um pouco sobre todos os assuntos exceto sobre alelos, para a qual 33,9% dos alunos julgaram já terem ouvido falar a saberem muito sobre o assunto. Houve correlação positiva entre o quanto os alunos julgavam saber de gene, DNA, núcleo, cromossomos e alelos com a respectiva nota para as questões que avaliavam cada um dos conceitos, quais sejam, 6 ($r=0,503$; $p<0,001$), 7 ($r=0,0276$; $p=0,043$), 8 ($r=0,520$; $p<0,001$), 9 ($r=0,577$; $p<0,001$) e 10 ($r=0,587$; $p<0,001$) respectivamente; sendo que a única que não apresentou correlação positiva foi a que perguntou sobre o quanto os alunos sabiam de informação genética com a questão dissertativa respectiva, 11 ($r=0,1$; $p=0,47$).

Na maior parte dos casos, os alunos demonstraram ter uma boa noção do quanto sabem a respeito dos conteúdos abordados no questionário. Isso fica evidente devido à correlação encontrada entre o que os alunos julgavam saber sobre os conceitos perguntados na questão 5 (gene, DNA, núcleo, cromossomos e alelos) e as respectivas notas às questões que perguntavam sobre esses conceitos. Esta habilidade é relevante ao estudar, visto que, sabendo o que sabe e o que não sabe, o aluno pode direcionar o seu estudo para os aspectos que ele menos domina, em outras palavras, está relacionado com a auto-regulação do aluno, conforme descrito por Figueiredo (2008).

3.3.6 Tecnologias de genética e biotecnologia

Dos alunos que responderam à questão 12, 37,5% e 46,4% de alunos alegou nunca ter ouvido falar sobre Sequenciamento de Genomas e Terapia Gênica respectivamente; resultados parecidos foram descritos (CHATTOPADHYAY; MAHAJAN, 2005). A maioria das respostas para Fertilização *in vitro* (33,9%), melhoramento genético (46,4%), células tronco (44,6%) e sequenciamento de genomas (39,3%) foi “Já ouvi falar, mas não sei exatamente o que é”. Para o restante das alternativas da questão 12, a maior parte dos alunos alegou já ter ouvido falar e saber um pouco sobre o assunto.

Na questão 13, em que os alunos deveriam indicar qual a relação dos itens propostos com o conceito de genética, 71,4% dos alunos indicaram que aborto é pouco relacionado à genética. Esse padrão se repete na questão 14, para a qual 75% dos alunos indicou que aborto é pouco ou nada relacionado com uma causa genética. No entanto, já se sabe que um percentual considerável de abortos se dá por causas genéticas (MEKA; REDDY, 2006;

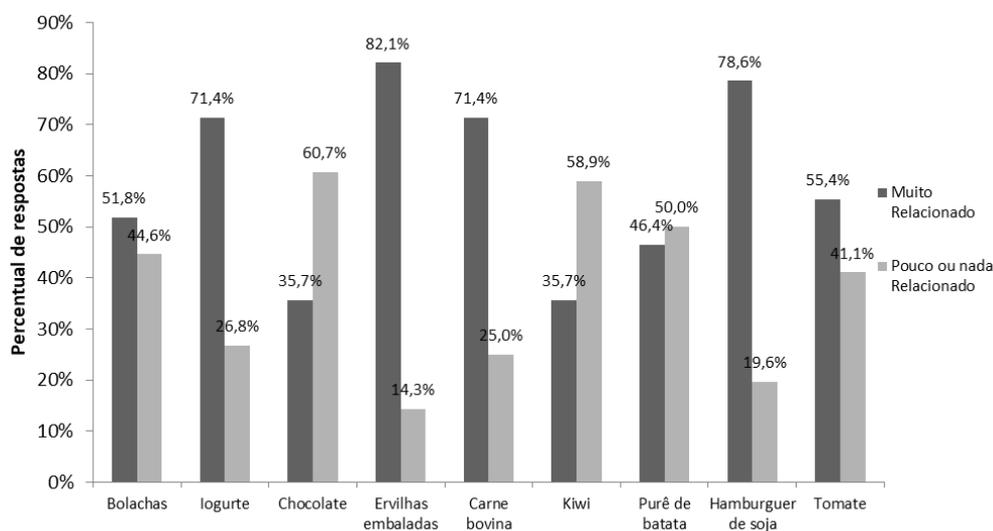
VAIMAN, 2015). Abortos são situações que podem estar presentes nas famílias dos alunos e compreender a respeito da temática é importante para se familiarizar com as suas possíveis explicações e decorrências. Esta temática de cunho pertinente para os alunos deve ser contextualizada durante o ensino de genética, principalmente ao estudar alterações cromossômicas. A contextualização dos conteúdos de biologia é fundamental a fim de fomentar uma autonomia do aluno ao tomar decisões quanto à sua vida; nessa perspectiva, esta é uma temática interdisciplinar que deve ser abordada durante o ensino de genética, inclusive com outras áreas do conhecimento, caso seja possível.

Para todas as demais categorias da questão 13, mais de 60% dos alunos indicou serem muito relacionadas à genética. Para a mesma questão, 73,2% dos alunos indicaram que infecções digestivas são pouco ou nada relacionadas a causas genéticas, enquanto 51,8% dos alunos apontou que infecções respiratórias são muito relacionadas a causas genéticas. Infecções são causadas por agentes externos, como bactérias ou vírus, e, por isso, não foi considerado para este trabalho que possam ter causas genéticas. No entanto, as respostas dos alunos foram discrepantes para as duas questões que avaliaram infecções. Esse resultado demonstra que, mesmo que a maior parte dos alunos tenha acertado ao apontar que infecções digestivas não estão relacionadas a causas genéticas, a razão disso não parece estar clara para eles.

Os resultados referentes às respostas dos alunos à questão 15 estão ilustrados na **Figura 4**. Chama a atenção que a maior parte dos alunos indicou que é pouco ou nada provável que chocolate (60,7%), kiwi (58,9%) e purê de batata (50%) derivem diretamente de produtos geneticamente modificados. Sobre isso, outros estudos descrevem a dificuldade dos alunos do terceiro ano do E.M. na definição do conceito de OGMs e transgênicos e os produtos derivados dos mesmos (CHATTOPADHYAY, 2005; LOURENÇO; REIS, 2013; PEDRANCINI et al., 2008), sendo que Carvalho et. al. (2012) relata como citações de transgênicos mais comuns entre os alunos, os produtos constantemente veiculados pela mídia, quais sejam, “soja, tomate, frutas, verduras, batata e milho” (CARVALHO et al., 2012; p.290); além de uma parcela importante de alunos acreditar que os transgênicos são alimentos benéficos à saúde. Um dos alunos da Escola Federal que respondeu a esta pesquisa escreveu espontaneamente ao lado da questão “todos têm potencial para serem modificados, mas os produtos transgênicos mais usuais são: milho, soja, insulina...”. Isso demonstra o quanto os alunos têm conceitos muito influenciados pelo senso comum a respeito do assunto, sem entender como os OGMs fazem parte de seu cotidiano e de sua própria alimentação.

Ao investigar os conhecimentos de alunos do E.M. sobre transgênicos, Pedrancini et al. (2008) demonstraram que os alunos têm dificuldade em discernir organismos transgênicos de organismos geneticamente modificados (OGMs) ou mutantes, sendo que apenas 7% dos entrevistados admitiram que havia diferença entre os dois, mas não souberam responder qual. Além disso, entre as respostas dos alunos à questão “você conhece algum transgênico?”, aparecem os alimentos “refrigerantes”, “macarrão instantâneo” e “bolacha”. Os autores apontam que os alunos têm opiniões influenciadas grandemente pela mídia e o senso comum, não sendo capazes de definir conceitos ou entender sua relação com seu próprio dia-a-dia (PEDRANCINI et al., 2007).

Figura 4 - O quanto os alunos acreditam que seja a probabilidade de que os itens descritos derivem diretamente de produtos geneticamente modificados.



Fonte: Elaboração a partir de dados deste trabalho.

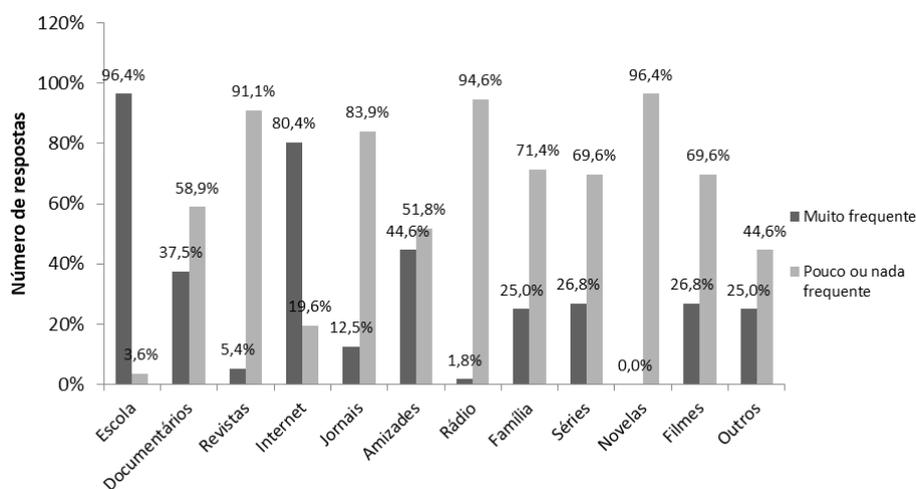
Para todas as atividades perguntadas na questão 16, mais de 50% dos alunos indicou que deveria se utilizar a genética para desenvolvê-las, sendo 96,4% indicou que se deveria usar a genética para diagnosticar e tratar doenças, 83,9% para a produção de novos medicamentos farmacêuticos e 44,6% dos alunos respondeu que a genética deveria ser pouco ou nada usada na seleção de gado.

3.3.7 Fontes de informação sobre genética

Os dados referentes às respostas à questão 17 estão ilustrados na **Figura 5**. Ressalta-se que 96,4% e 80,4% dos alunos alegou que a escola e a internet respectivamente são fontes de informação sobre genética, sendo estas duas as mais frequentemente assinaladas pelos

estudantes. Atualmente, a informação pela internet, principalmente através de redes sociais ou canais do YouTube e notícias *online*, tem sido muito acessada por jovens de forma geral. Ainda que esses canais de acesso à informação sejam muito ricos, os jovens devem estar preparados para julgar se a fonte da informação é realmente confiável, temática que também deve ser discutida na escola.

Figura 5. Frequência na qual os alunos utilizam os seguintes meios de comunicação para se informar sobre genética.



Fonte: Elaboração a partir de dados deste trabalho.

3.4 Considerações finais

De forma geral, os alunos apresentaram pouco domínio sobre os conceitos básicos de genética, como gene, DNA, cromossomos e alelos, assim como suas ordens de grandeza. Além disso, tendem a dar respostas deterministas acerca dos conceitos supracitados, como se a genética produzisse diretamente as características, ignorando o papel ambiental e os processos intermediários (regulação gênica, transcrição, tradução, etc). Nunes et al. (2006) salientam que o ensino está muito voltado para a memorização de conceitos e não para o entendimento dos processos. Além disso, Barbão e de Oliveira ([s.d.]) relatam que alunos têm dificuldades de compreensão de muitos termos biológicos, podendo ser devido a sua não utilização no cotidiano do aluno. Uma abordagem alternativa que pode facilitar a compreensão dos conceitos e das respectivas ordens de grandeza é a construção de mapas conceituais, conforme sugerido por Ariza-Rúa et al. (2010).

Os alunos da Escola Federal apresentaram desempenho significativamente maior em diversas questões quando comparados aos demais colégios, assim como desempenho maior

do que a E. T. E. de área Central na média geral de desempenho. Uma possibilidade é que isto esteja atrelado à maior formação dos professores, menor carga horária e menor número de alunos por professor no caso dos professores da Escola Federal. Estes resultados apontam para a relevância da formação de professores, assim como de um ambiente de trabalho digno que ofereça tempo de elaboração de aulas para o sucesso na formação dos estudantes.

Nas palavras de Moura et al. (2013, p.172), ainda há um “grande ‘abismo’ entre o ensino de biologia, com ênfase a genética, com os acontecimentos diários dos alunos em meio à sociedade na qual eles estão inseridos”. Assim como sugerido por Hernández et al. (1995), este estudo aponta para a iminência de que os conteúdos de genética sejam contextualizados durante o seu ensino. Nesse sentido, em aulas que introduzam essa disciplina, implicações da mesma no cotidiano dos alunos devem ser enfatizadas, dando espaço para discussões sobre organismos geneticamente modificados, transgênicos, clonagem, entre outros. Além disso, também durante a contextualização, é indispensável introduzir a genética como constituinte de todos os seres vivos e como se dá a relação entre informação e material genético com as estruturas físicas como DNA, cromossomos e gene. Como identificado por Ratz (2013), os alunos têm interesse em compreender mais sobre temáticas como transgenia, por exemplo, então, basta que seja dado o espaço adequado para tal em sala de aula.

Por último, ressalta-se a importância de discutir fontes confiáveis de informação para que os alunos possam buscar, por conta própria, conteúdos que eles tenham mais interesse sobre o assunto; a fim de incentivar a autonomia dos alunos.

4 REFERÊNCIAS

AGORRAM, B. et al. University students' conceptions about the concept of gene: Interest of historical approach. **US-China Education Review, ISSN 1548-6613, USA**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 9–15, 2010.

ALMEIDA, C.; DALCOL, F. L.; MASSARANI, L. Controvérsia científica no telejornalismo brasileiro: um estudo sobre a cobertura das células-tronco no Jornal Nacional. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, [s. l.], v. 20, n. suppl 1, p. 1203–1223, 2013.

ALVES, S. B. F. et al. Biologia e ética: Um estudo sobre a compreensão e atitudes de alunos do Ensino Médio frente ao tema genoma/DNA. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 12–23, 2005.

ARAÚJO, A. B.; GUSMÃO, F. A. F. As principais dificuldades encontradas no Ensino de Genética na educação básica brasileira. **ANAIS 2017**, [s. l.], v. 10, n. 1, 2017. Disponível em: <<https://eventos.set.edu.br/index.php/enfope/article/view/4710>>. Acesso em: 9 nov. 2019.

ARIZA RÚA, D. L. et al. Los mapas conceptuales como estrategia didáctica para el aprendizaje de conceptos de biología celular en estudiantes de ciencias de la salud. **Revista Científica Salud Uninorte**, [s. l.], v. 25, n. 2, 2010. Disponível em: <<http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/salud/article/view/215>>. Acesso em: 14 nov. 2019.

ARMENTA, M. C. Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, [s. l.], v. 26, n. 2, p. 227-244–244, 2008.

BADZINSKI, C.; HERMEL, E. do E. S. A representação da genética e da evolução através de imagens utilizadas em livros didáticos de biologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, [s. l.], v. 17, n. 2, p. 434–454, 2015.

BANET, E.; AYUSO, E. Teaching genetics at secondary school: A strategy for teaching about the location of inheritance information. **Science Education**, [s. l.], v. 84, n. 3, p. 313–351, 2000.

BARBÃO, A. J. M.; DE OLIVEIRA, I. G. **Utilização e compreensão da nomenclatura biológica por alunos do Ensino Médio da Escola Estadual Wilson de Almeida - Nova Olímpia/MT**. [s. l.], p. 6, [s.d.]. Disponível em: http://need.unemat.br/4_forum/artigos/alex.pdf. Acesso em 14 nov. 2019.

BARDIN, L.; RETO, L. A.; PINHEIRO, A. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2000.

BENITES, L. N. **Colégio de Aplicação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e processos inclusivos: trajetórias de alunos com necessidades educativas especiais**. 2006. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [s. l.], 2006. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/10303>>. Acesso em: 14 nov. 2019.

BEZERRA, R. G.; GOULART, L. S. Levantamento e análise de conceitos genéticos entre alunos do ensino médio de um colégio público do estado de Goiás. **Revista Eletrônica de Biologia (REB)**. ISSN 1983-7682, [s. l.], v. 6, n. 3, p. 214–233, 2013.

BONZANINI, T. K.; BASTOS, F. **A formação de professores de biologia e os avanços científicos recentes: Demandas da prática pedagógica**. [s. l.], p. 12, [s.d.]. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p353.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2019.

BRASIL. Lei nº 9.394. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB)**, Brasília, 20 dez. 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm. Acesso em: 14 maio 2019

BRASIL, Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Consulta Pública. Brasília, MEC, 2018a. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 14 nov. 2019.

BRASIL, Ministério da Educação. Histórico da BNCC. *In: Base Nacional Comum Curricular*. Consulta Pública, MEC, 2018b. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/historico>. Acesso em: 14 nov. 2019.

BRASIL, Ministério da Educação. O que é a BNCC?. *In: Base Nacional Comum Curricular*: Consulta Pública, MEC, 2018c. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/a-base>. Acesso em: 14 nov. 2019.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC, 1999. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2019.

CARMO, A. H. Do. **Organismos geneticamente modificados (OGMs): alimentos, teorias e tendências no mundo**. 2006. Tese - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo,

[s. l.], 2006. Disponível em: <<http://tede2.pucsp.br/tede/handle/handle/7216>>. Acesso em: 7 nov. 2019.

CARVALHO, J. da S.; GONÇALVES, N. M. N.; PERON, A. P. Transgênicos: diagnóstico do conhecimento científico discente da última série do ensino médio das escolas públicas do município de Picos, estado do Piauí. **Revista Brasileira de Biociências**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 288, 2012.

CHATTOPADHYAY, A. Understanding of Genetic Information in Higher Secondary Students in Northeast India and the Implications for Genetics Education. **Cell Biology Education**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 97–104, 2005.

CHATTOPADHYAY, A.; MAHAJAN, B. S. Students' understanding of DNA and DNA technologies after "fifty years of DNA double helix". **epiSTEME**, [s. l.], 2005. . Acesso em: 14 nov. 2019.

CTEESCOLA TÉCNICA ESTADUAL DA ÁREA CENTRAL. **Escola Técnica Estadual da área Central: a trajetória de uma escola centenária**. [S. l.], 2006. Disponível em: https://www.cteparobe.com.br/pagina/78_Historia.html. Acesso em: 14 nov. 2019.

DAITX, V. V. **O ensino de ciências e a visão antropocêntrica**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2010. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/35277>>. Acesso em: 14 nov. 2019.

FABRÍCIO, M. de F. L. et al. A compreensão das leis de Mendel por alunos de biologia na educação básica e na licenciatura. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 83–103, 2006.

FAVARETTO, José Arnaldo et al. **Biologia 3: Unidade e Diversidade**. 1. ed. São Paulo: Editora FTD S.A., 2016. ISBN 978-85-96-00347-6.

FIGUEIREDO, F. J. Como ajudar os alunos a estudar e a pensar?: Auto-regulação da aprendizagem. **Millenium**, [s. l.], p. 233–258, 2008.

FONSECA, V. B.; BOBROWSKI, V. L. Biotecnologia na Escola: a inserção do tema nos livros didáticos de Biologia. **Acta Scientiae**, [s. l.], v. 17, n. 2, 2015. Disponível em: <<http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/1231>>. Acesso em: 12 maio. 2019.

FRANZOLIN, F.; BIZZO, N. **Conhecimentos básicos de Genética nos livros didáticos e na literatura de referência: Aproximações e Distanciamentos**. Artigo publicado para o IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC; Águas de Lindóia, SP.

GERICKE, N. M.; HAGBERG, M. Definition of historical models of gene function and their relation to students' understanding of genetics. **Science & Education**, [s. l.], v. 16, n. 7–8, p. 849–881, 2007.

GERICKE, N.; WAHLBERG, S. Clusters of concepts in molecular genetics: a study of Swedish upper secondary science students understanding. **Journal of Biological Education**, [s. l.], v. 47, n. 2, p. 73–83, 2013.

GIACÓIA, L. R. D. **Conhecimento básico de genética: concluintes do ensino e graduandos de ciências biológicas**. 2006. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciência, [s. l.], 2006. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/90892>>

GRANDE, E.; MELILLÁN, M. C.; VILANOVA, S. ¿Qué conocimiento sobre herencia y genética poseen un grupo de estudiantes de secundaria argentinos? **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, [s. l.], v. 0, n. Extra, p. 525–528–528, 2009.

GRIFFITHS, A. J. F. et al. **Introdução à genética**. 11^a edição ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan LTDA., 2016.

GUIMARÃES, M. A.; CARVALHO, W. L. P. De; OLIVEIRA, M. S. Raciocínio moral na tomada de decisões em relação a questões sociocientíficas: o exemplo do melhoramento genético humano. **Ciência & Educação (Bauru)**, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 465–477, 2010.

HERNÁNDEZ, E. B.; AYUSO, G. E. Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 137–153–153, 1995.

INFANTE-MALACHIAS, M. E. et al. Comprehension of basic genetic concepts by brazilian undergraduate students. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, [s. l.], v. 9, n. 3, p. 657–668, 2010.

Instituto de Estudos e Pesquisas Educacionais (INEP). **Indicadores Educacionais**. Brasília, 2018. Disponível em: <http://inep.gov.br/web/guest/indicadores-educacionais>. Acesso em: 14 nov. 2019.

JUNQUEIRA, H.; KINDEL, E. A. I. Leitura e escrita no ensino de ciências e biologia: a visão antropocêntrica. **Cadernos do Aplicação**, [s. l.], v. 22, n. 1, 2009. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/CadernosdoAplicacao/article/view/9664>>. Acesso em: 14 nov. 2019.

JUNQUEIRA, L. C. U.; CARNEIRO, J. **Biologia celular e molecular**. 9 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

LEWIS, J.; LEACH, J.; WOOD-ROBINSON, C. All in the genes? — young people's understanding of the nature of genes. **Journal of Biological Education**, [s. l.], v. 34, n. 2, p. 74–79, 2000.

LEWIS, J.; WOOD-ROBINSON, C. Genes, chromosomes, cell division and inheritance - do students see any relationship? **International Journal of Science Education**, [s. l.], v. 22, n. 2, p. 177–195, 2000a.

LOPES, Sônia; ROSSO, Sergio. **BIO 3**. 3. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2016. v. 3. ISBN 978-85-472-0506-5.

LOURENÇO, A. P.; REIS, L. G. Transgênicos na sala de aula: concepções e opiniões de alunos do Ensino Médio e uma prática pedagógica. **Vozes dos Vales Publicações Acadêmicas - Brasil**, [s. l.], v. 3, 2013. . Acesso em: 14 nov. 2019.

MARTINS, I.; NASCIMENTO, T. G.; ABREU, T. B. De. Clonagem na sala de aula: um exemplo do uso didático de um texto de divulgação científica. **Investigações em Ensino de Ciências**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 95–111, 2004.

MASSON, G. A valorização dos professores e a educação básica nos estados. **Retratos da Escola**, [s. l.], v. 10, n. 18, 2016. Disponível em: <<http://retratosdaescola.emnuvens.com.br/rde/article/view/656>>. Acesso em: 13 nov. 2019.

MEKA, A.; REDDY, B. M. Recurrent Spontaneous Abortions: An Overview of Genetic and Non-Genetic Backgrounds. **International Journal of Human Genetics**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 109–117, 2006.

MOURA, J. et al. Biologia/Genética: O ensino de biologia, com enfoque a genética, das escolas públicas no Brasil – breve relato e reflexão. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, [s. l.], v. 34, n. 2, p. 167, 2013.

MUELA, F. J.; ABRIL, A. M. Genetics and Cinema: Personal Misconceptions that Constitute Obstacles to Learning. **International Journal of Science Education, Part B**, [s. l.], v. 4, n. 3, p. 260–280, 2014.

NUNES, M. J.; PEDRANCINI, V. D. Implicações da mediação docente nos processos de ensino e aprendizagem de biologia no ensino médio. **REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, [s. l.], v. 5, n. 3, p. 522–533, 2006.

OCCELLI, M. E.; VILAR, T. M.; ESTEBAN, N. V. Conocimientos y actitudes de estudiantes de la ciudad de Córdoba (Argentina) en relación a la Biotecnología. **REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 227–242, 2011.

OGO, Marcela Yaemi; DE GODOY, Leandro Pereira. **Contato Biologia 3º ano**. 1. ed. São Paulo: Quinteto Editorial LTDA, 2016. ISBN 978-85-8392-080-9.

PEDRANCINI, V. D. et al. Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 299, 2007.

PEDRANCINI, V. D. et al. Saber científico e conhecimento espontâneo: opiniões de alunos do ensino médio sobre transgênicos. **Ciência & Educação (Bauru)**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 135–146, 2008.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio. **Ciência & Educação (Bauru)**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 71–84, 2007.

PORRAS, F. Í.; PUIFCERVER, M. Esquemas conceptuales de la población adulta en formación sobre diferentes aspectos de Genética. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, [s. l.], v. 0, n. Extra, p. 952-957–957, 2009.

PROCHAZKA, L. de S.; FRANZOLIN, F. A genética humana nos livros didáticos brasileiros e o determinismo genético. **Ciência & Educação (Bauru)**, [s. l.], v. 24, n. 1, p. 111–124, 2018.

QUINN, F.; PEGG, J.; PANIZZON, D. First-year Biology Students' Understandings of Meiosis: An investigation using a structural theoretical framework. **International Journal of Science Education**, [s. l.], v. 31, n. 10, p. 1279–1305, 2009.

RATZ, S. V. S.; MARTINS, P. C. de M.; MOTOKANE, M. T. As concepções alternativas de estudantes sobre as implicações socioambientais do uso dos transgênicos. **Genética na Escola**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 58–67, 2013.

RIBEIRO, R. A.; SANTOS, R. D. S. O processo de formação de professores de Biologia e a interferência das tecnologias e mídias no ensino de Genética e Biologia Molecular. **Scire Salutis**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 49–61, 2013.

ROCHA, S. C. Da; SPERANDIO, V. M. M. R. O Lúdico no Ensino de Genética. **Os Desafios da Escola Pública Paranaense na Perspectiva do Professor PDE**, [s. l.], v. I, p. 19, 2016.

SILVA, A.; FRANZOLIN, F.; BIZZO, N. Concepções de genética e evolução e seu impacto na prática docente no ensino de Biologia. **Genética na Escola**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 08–19, 2016.

SNUSTAD, P.; SIMMONS, M. J. **Fundamentos de genética**. 6 ed. Rio de Janeiro - RJ: Editora Guanabara Koogan LTDA., 2013

STERN, F.; KAMPOURAKIS, K. Teaching for genetics literacy in the post-genomic era. **Studies in Science Education**, [s. l.], v. 53, n. 2, p. 193–225, 2017.

THÖRNE, K.; GERICKE, N. Teaching Genetics in Secondary Classrooms: a Linguistic Analysis of Teachers' Talk About Proteins. **Research in Science Education**, [s. l.], v. 44, n. 1, p. 81–108, 2014.

TOPÇU, M. S.; PEKMEZ, E. Ş. Turkish Middle School Students' Difficulties in Learning Genetics Concepts. In: 2009, Journal of Turkish Science Education (TUSED). **Anais... Journal of Turkish Science Education (TUSED)**

VAIMAN, D. Genetic regulation of recurrent spontaneous abortion in humans. **Biomedical Journal**, [s. l.], v. 38, n. 1, p. 11–24, 2015.

VERMA, I. M.; SOMIA, N. Gene therapy - promises, problems and prospects. **Nature**, [s. l.], v. 389, n. 6648, p. 239–242, 1997.

VILAS-BOAS, A. Conceitos errôneos de Genética em livros didáticos do ensino médio. **Genética na Escola**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 9–11, 2006.

XAVIER, M. C. F.; FREIRE, A. de S.; MORAES, M. O. A nova (moderna) biologia e a genética nos livros didáticos de biologia no ensino médio. **Ciência & Educação (Bauru)**, [s. l.], v. 12, n. 3, p. 275–289, 2006.

5 APÊNDICE 1 - QUESTIONÁRIO

Parte 1 – Conceitos de genética

1. Escreva de forma breve o que você entende por genética.

Sequência de Tamanho

2. Os seis itens biológicos abaixo são parte de sistemas vivos. Por favor, indique com um X aqueles que você já ouviu falar:

- () Célula
 () Cromossomos
 () Gene
 () DNA
 () Organismo
 () Núcleo

3. Agora, escreva os itens que você marcou em ordem de tamanho nas caixas abaixo.

MAIOR

MENOR

Coisas vivas

4. Em todas as questões abaixo, para cada organismo, marque apenas uma opção.

(a) Você já ouviu falar dos seguintes organismos?

- | | |
|------------|-----------------|
| Árvores | () sim () não |
| Mamíferos | () sim () não |
| Samambaias | () sim () não |
| Vírus | () sim () não |
| Bactérias | () sim () não |
| Insetos | () sim () não |

(b) De quantas células você acha que cada organismo é feito?

	Muitas	Uma	Nenhuma	Não sei
Árvores				
Mamíferos				
Samambaias				
Vírus				
Bactérias				
Insetos				

(c) Para cada tipo de organismo diga se ele contém cromossomos.

	Sim	Não	Não sei
Árvores			
Mamíferos			
Samambaias			
Vírus			
Bactérias			
Insetos			

(d) Para cada tipo de organismo diga se ele contém ou não informação genética.

	Sim	Não	Não sei
Árvores			
Mamíferos			
Samambaias			
Vírus			
Bactérias			
Insetos			

Termos Biológicos

5. Para cada termo na tabela abaixo, por favor, marque apenas uma opção.

	Já ouvi falar e sei bastante sobre o assunto.	Já ouvi falar e sei um pouco sobre o assunto.	Já ouvi falar, mas não sei exatamente o que é.	Nunca ouvi falar.
Genes				
DNA				
Núcleo				
Cromossomos				
Alelos				
Informação Genética				

6. Genes

- (a) Onde, no seu corpo, os genes se encontram?
- (b) Do que genes são feitos?
- (c) Por que genes são importantes?

7. DNA

- (a) Onde, no seu corpo, o DNA se encontra?
- (b) Por que o DNA é importante?

8. Núcleo

- (a) Onde o núcleo se encontra?
- (b) O que o núcleo contém?
- (c) Qual é a função do núcleo?

9. Cromossomos

- (a) Onde se encontram os cromossomos?
- (b) Do que os cromossomos são feitos?
- (c) Por que cromossomos são importantes?

10. Alelos

- (a) Como você poderia descrever um alelo?

11. Informação Genética

- (a) O que você acha que quer dizer “informação genética”?

Parte 2 – Aplicações da Genética

12. Indique com uma cruz (X) o quanto você conhece de cada um dos seguintes itens:

	Já ouvi falar e sei bastante sobre o assunto.	Já ouvi falar e sei um pouco sobre o assunto.	Já ouvi falar, mas não sei exatamente o que é.	Nunca ouvi falar.
Clonagem				
Transgênicos				
Inseminação Artificial				
Teste de Paternidade				
Câncer				

Organismos geneticamente modificados				
Malformações				
Abortos				
Sequenciamento de genomas				
Células-tronco				
Terapia Gênica				
Melhoramento Genético				
Fertilização <i>in vitro</i>				

Justifique se achar necessário.

13. Indique com uma cruz (X) qual você acredita que é a relação dos seguintes itens com o conceito de genética:

	Muito Relacionado	Pouco ou nada relacionado
Clonagem		
Transgênicos		
Inseminação Artificial		
Teste de Paternidade		
Câncer		
Organismos geneticamente modificados		
Malformações		
Abortos		
Sequenciamento de genomas		
Células-tronco		
Terapia Gênica		
Melhoramento Genético		

Justifique se achar necessário.

14. Indique com uma cruz (X) as situações abaixo que você acredita que possam ter uma causa genética:

	Muito relacionado	Pouco ou nada relacionado
Resistência a antibióticos (no caso de bactérias)		
Alergias		
Câncer		
Infecções Respiratórias		
Mutações		
Malformações		
Abortos		
Infecções digestivas		

Justifique se achar necessário.

15. Indique com uma cruz (X) qual você acredita que é a probabilidade de que os seguintes itens possam derivar diretamente de produtos geneticamente modificados:

Enunciado	Muito relacionado	Pouco ou nada relacionado
Bolachas		
Iogurte		
Chocolate		
Ervilhas embaladas		
Carne bovina		
Kiwi		
Purê de batata		
Hambúrguer de soja		
Tomate		

Justifique se achar necessário.

16. Indique com uma cruz (X) a frequência na qual você acredita que deveria se utilizar a Genética para cada uma das seguintes atividades:

Atividades	Muito frequente	Pouco ou nada frequente
No melhoramento de plantas		
Em células embrionárias humanas		
Para a produção de novos medicamentos farmacêuticos		
Para diagnosticar ou tratar doenças		
Para a seleção de gado (produção de carne ou leite)		
Para fertilizações in vitro		
Para a geração de organismos transgênicos		

Justifique se achar necessário.

17. Indique com uma cruz (X) a frequência na que você utiliza os seguintes meios de comunicação para se informar sobre Genética:

Meios	Muito frequente	Pouco ou nada frequente
Escola		
Documentários		
Revistas		
Internet		
Jornais		
Amizades		
Radio		
Família		
Séries		
Novelas		
Filmes		
Outros		

Caso você tenha marcado outros, indique quais:

6 APÊNDICE 2 – TERMO DE ANUÊNCIA DAS ESCOLAS

TERMO DE ANUÊNCIA

Declaramos para os devidos fins que estamos de acordo com a execução do projeto de pesquisa intitulado “O conhecimento de genética e a capacidade de articulação com temas de interesse público de alunos do Ensino Médio de escolas públicas de Porto Alegre” no (a) (Escola) _____, realizada pela pesquisadora Luane Jandira Bueno Landau, sob a coordenação e a responsabilidade da Profa. Maríndia Deprá do Departamento de Genética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, desde que devidamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP/UFRGS). Uma via deste documento ficará na escola e outra via, com as pesquisadoras.

Assinatura da Pesquisadora

Assinatura da Instituição com Carimbo

Data

Contatos

Pesquisadora Luane Jandira Bueno Landau / Email: luane.landau@ufrgs.br

Orientadora Maríndia Deprá / E-mail: 00132209@ufrgs.br

Endereço: Av. Bento Gonçalves, 9500, Departamento de Genética, prédio 43.323, Gabinete 223

Telefone: 3308 - 6739

CEP/UFRGS (51) 3308- 3738

7 APÊNDICE 3 – TCLE E TALE

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**

Gostaríamos de solicitar a sua concordância e, para menores de 18 anos, também a autorização dos pais, em participar da pesquisa intitulada “**O conhecimento de genética e a capacidade de articulação com temas de interesse público de alunos do Ensino Médio de escolas públicas de Porto Alegre**”, realizada pela pesquisadora Luane Jandira Bueno Landau, sob a orientação da professora Maríndia Deprá (Departamento de Genética – UFRGS), como parte de seu Trabalho de Conclusão de Curso na Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

O objetivo da pesquisa é avaliar o quanto os alunos do ensino médio de escolas públicas de Porto Alegre conhecem a respeito de genética e se são capazes de aplicar os conceitos em assuntos que estão sendo discutidos na mídia. A pesquisa apenas contará com um questionário a ser realizado na aula de Biologia, com duração máxima de um período. A participação na pesquisa é **VOLUNTÁRIA**, a opção por não participar da pesquisa não o impede de frequentar as aulas.

A sua colaboração se dará da seguinte forma: você responderá a um questionário com perguntas acerca do assunto da pesquisa (genética). Posteriormente, a pesquisa contará com a análise das respostas objetivas e discursivas de todos os participantes. Após a conclusão da pesquisa, este material será guardado no arquivo pessoal da pesquisadora pelo tempo de 5 anos. Todo material escrito não será identificado para evitar a exposição dos participantes e será mantido sob sigilo; as informações obtidas através desta pesquisa serão confidenciais.

Esta pesquisa envolve riscos mínimos aos participantes, que eventualmente podem se sentir cansados ao responder as questões, sendo que as pesquisadoras trabalham para minimizá-los. A sua participação não é obrigatória e você poderá desistir a qualquer momento, caso se sinta desconfortável com o tipo de atividade ou com os registros realizados. Os benefícios dos sujeitos ao participar na pesquisa são o de contribuir para a construção de conhecimento científico na área da educação e para a futura elaboração de material didático voltado ao ensino de genética. Esta pesquisa pretende colaborar com o enriquecimento das estratégias de ensino e de aprendizagem, visando à qualificação da Educação de maneira geral e, em específico, do aprendizado de estudantes do ensino médio. Dessa forma, estes resultados serão importantes para auxiliar professores nas elaborações de aula de genética da Educação Básica.

Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e o endereço institucional do pesquisador, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Assinatura do(a) Pesquisador(a)

Pesquisadora: Luane Jandira Bueno Landau / Email: luane.landau@ufrgs.br

Orientadora: Maríndia Deprá / E-mail: 00132209@ufrgs.br
Endereço: Av. Bento Gonçalves, 9500, Departamento de Genética, prédio 43.323, Sala 223
Telefone: 3308 - 6739
CEP/UFRGS (51) 3308- 3738

Eu,.....
..... (nome por extenso do sujeito de pesquisa /menor de idade), declaro que recebi todas as explicações sobre esta pesquisa e concordo em participar da mesma, desde que meu responsável legal concorde com esta participação. Autorizo a utilização dos dados do questionário para os fins da pesquisa.

Assinatura do sujeito de pesquisa

Data

Eu,.....
..... declaro que fui devidamente esclarecido(a) e concordo com a participação de meu filho (a) na pesquisa acima descrita, assim como autorizo a utilização dos dados do questionário para os fins da pesquisa.

Assinatura do(a) pai/mãe ou responsável

Data