

APLICAÇÃO DE UMA REPRESENTAÇÃO GRÁFICA SIMULANDO UM HEREDOGRAMA COM RECORRÊNCIA DA ALOPECIA GENÉTICA PARA ENTENDIMENTO DA HERANÇA AUTOSSÔMICA INFLUENCIADA PELO SEXO

Mauro Osvaldo Medeiros ¹

Sueli Maria Alves ¹

Marcelo Teiji Kimura ²

RESUMO: A genética é uma disciplina que estuda a hereditariedade, ou seja, como características biológicas são transmitidas de uma geração para a outra e, para isto, o uso de formas de representações indiretas e figurativas como os heredogramas, que são a representação gráfica dos indivíduos relacionados por parentesco, se destacam como uma ferramenta essencial para a compreensão e visualização de padrões de herança. Assim o objetivo desse estudo foi uma proposta interdisciplinar e contextualizada para aumentar o interesse do aluno pelo tema, herança autossômica influenciada pelo sexo, oferecendo dentro de uma determinada concepção de realidade e conhecimento, esclarecimento dos fatores que influenciam na calvície androgenética. Para tal, foi aplicado uma atividade que consistiu de uma representação gráfica genealógica ilustrada por figuras de homens e mulheres relacionados por parentesco expressando o fenótipo da presença e ausência da calvície para analisar ascendência e descendência e, realizar a inferência de genótipos por observação. Concluiu-se que a aplicação desse modelo didático motivou e contribuiu para a melhor aprendizagem, podendo ser estrategicamente aplicado como um eixo integrador de temas que envolvem a genética, analisando na genealogia, o histórico de ancestrais e descendentes de uma família.

Palavras-chave: Calvície. Árvore genealógica. Educação. Ensino. Genética. Herança ligada ao sexo. Modelo Didático.

APPLICATION OF A GRAPHIC REPRESENTATION SIMULATING A HEREDOGRAM WITH RECURRENT GENETIC ALOPECIA TO UNDERSTAND AUTOSOMAL INHERITANCE INFLUENCED BY SEX

ABSTRACT: Genetics is a discipline that studies heredity, that is, how biological characteristics are transmitted from one generation to the next and, for this, the use of forms of indirect and figurative representations such as heredograms, which is the graphic representation of individuals related by kinship, stand out as an essential tool for understanding and visualizing inheritance patterns. Thus, the objective of this study was an interdisciplinary and contextualized proposal to increase student interest in the subject of autosomal inheritance influenced by sex, offering, within a certain conception of reality and knowledge, clarification of the factors that influence androgenetic baldness. To this end, an activity was applied that consisted of a genealogical graphic representation illustrated by figures of men and women related by kinship expressing the phenotype of the presence and absence of baldness to analyze ancestry and descendants and carry out inference of genotypes by observation. It was concluded that the application of this didactic model motivated and contributed to better learning, and can be strategically applied as an integrative axis of themes involving genetics, analyzing genealogy, the history of ancestors and descendants of a family.

Keywords: Baldness. Genealogy. Education. Teaching. Genetics. Sex-linked inheritance. Didactic Model.

¹ Professor Associado do Dep. Biologia ICEN/CUR/UFMT: maurosvaldo@bol.com.br; sumalves@yahoo.com.br;

² Biólogo/UFMT/CUR/UFMT - Rondonópolis, MT., marcelokimura99@gmail.com,

INTRODUÇÃO

A genética é uma disciplina que estuda a hereditariedade, ou seja, como características biológicas são transmitidas de uma geração para a outra e, para isto, o uso de formas de representações indiretas e figurativas como os heredogramas, que são a representação gráfica dos indivíduos relacionados por parentesco, se destacam como uma ferramenta essencial para a compreensão e visualização de padrões de herança, podendo, além de ensinar conceitos e procedimentos específicos da Genética, desencadear conhecimentos do contexto histórico-social e cultural, e despertar atitudes críticas e científicas nos estudantes.

No processo de ensino e aprendizagem de alguns conteúdos da Genética, existem alguns que possuem relevância por serem base de muitos conhecimentos dentro do ensino de Biologia, como por exemplo, o assunto referente a herança relacionada ao sexo como a transmissão da alopecia androgenética ou calvície hereditária.

Os cabelos sempre exerceram um papel imprescindível na vida do ser humano, a sua apresentação estética possui um importante significado sociocultural que caracteriza marca e, que de uma forma expressa um estilo de vida que muitas vezes emite gêneros e grupos sociais. Conforme Santos (2019) existe grande preocupação das pessoas quando em situações que envolvem a queda dos cabelos e a alopecia começa a demonstrar seus sinais clínicos.

Para Mocelin, Ferreira e Christoff (2015) a alopecia, ou calvície, é compreendida como um parâmetro de disfunção e/ou patologia fisiológica que gera a queda e falta de cabelos ou pelos. Nesse sentido, Cavalcanti (2015) destacou que a alopecia se concentra mais no couro cabeludo, porém, pode acontecer em qualquer parte pilosa, afetando tanto homem quanto mulher. E de acordo com Perera (2014), embora a calvície afete ambos os gêneros, possui maior prevalência em pessoas do sexo masculino, onde aproximadamente 30% destas, apresentam a patologia por volta dos 30 anos de idade, sendo que em mulheres, aproximadamente 3 a 6% apresentam a patologia na mesma faixa etária.

Para os autores Simplício (2004) e Rosa (2017) vários fatores podem desencadear um processo de alopecia, desde alterações hormonais, nutricionais, emocionais, estresse, fatores genéticos ou mesmo pelo uso excessivo de produtos químicos. Por isso, segundo os autores Medeiros, Alves, Kimura (2023) despertar o interesse dos estudantes para os conhecimentos científicos não faz sentido, se não houver a correlação do que é ensinado na escola com a vida e o contexto do aluno. Nesse sentido, Franzolin (2012) destacou que, os conhecimentos de Genética são relevantes tanto para as áreas da Biologia quanto pelas possíveis conexões com o cotidiano dos indivíduos.

Um heredograma é uma importante ferramenta visual usada para representar padrões de herança em famílias. Ele é composto por quadrados para representar homens, círculos para representar mulheres, linhas para conectar os pares e símbolos dentro dessas figuras para denotar a presença de condições ou características específicas. Além disso, ele também organiza as gerações ao longo do eixo horizontal, com a geração mais velha à esquerda e a mais jovem à direita. Portanto, o heredograma se destaca como uma ferramenta essencial para a compreensão e visualização de padrões de herança, especialmente em humanos. Com ele, poderemos decifrar como a alopecia ou calvície hereditária são transmitidas entre as gerações, e é exatamente nesse poder que se pautou a aplicação do nosso modelo didático.

Neste contexto, este estudo propõe de forma interdisciplinar Brasil (1996, 1997, 1999, 2013, 2014, 2017, 2018), a utilização de um modelo de material didático para o estudo da herança autossômica influenciada pelo sexo, tendo como exemplificação a transmissão do caráter alopecia ou calvície, observando um mapa genealógico também conhecido por heredograma ou pedigree, que é a representação gráfica dos indivíduos relacionados por parentesco que além de mostrar relações de parentesco, buscam identificar os tipos de herança

genética e as probabilidades de uma pessoa apresentar uma característica ou doença hereditária. Com relação aos heredogramas, Banett et al. (2008) enfatizam que por serem convenções científicas necessitam ser reforçadas na educação e nas pesquisas genéticas, nas publicações científicas e nos registros médicos. Por outro lado, os autores Gardner & Snustad (1986); Beigelman (2008); Amabis & Martho (2010); Griffiths et al. (2013); Snustad & Simmons (2013) Vestena, Sepel & Loreto (2015); Vestena & Loreto (2016) enfatizaram que os heredogramas são capazes de esclarecer e problematizar conteúdos referentes às heranças genéticas de um indivíduo ou de uma população, podendo ser trabalhado e aplicado em diferentes etapas escolares.

No heredograma, pode-se colocar todas as pessoas que fazem parte de uma mesma família e ramificar os graus de parentesco. Assim, cada pessoa representada mostrará a sua característica particular e a relação de parentesco com os demais. Para os alunos, essa organização será muito importante para a verificação do padrão de herança em estudo, facilitando saber se o fenótipo é hereditário ou não, de que modo foi herdado e, assim, entender melhor as causas da queda de cabelo e tomar decisões sobre os possíveis tratamentos.

Nascimento Júnior & Souza (2009) destacaram o potencial dos modelos didáticos que podem facilitar o aprendizado por funcionarem como complementos às ilustrações dos livros didáticos e também por serem concretos podendo ser manipulados e visualizados, evidenciando seus detalhes estruturais. O ensino por simulações de modelos didáticos é ressaltado como vantajoso por diversos autores, entre os quais (JUSTINA & FERLA, 2006; DUSO VILHENA et al., 2010; 2012; DELLA & FERLA, 2013; MEDEIROS et al., 2021 e 2022; MEDEIROS, ALVES, KIMURA, 2022; 2023; 2024). Esses autores destacam esse tipo de recurso metodológico como inovador e que possibilita o aprendizado dos conteúdos considerados difíceis, por permitirem uma visualização que propicia a reflexão, o debate e a participação do estudante no processo de aprendizagem, estimulando o raciocínio, a criatividade, a interatividade, a capacidade de decisão e a pesquisa.

Segundo Ayuso & Banet (2002), aprender Genética não é uma tarefa fácil, pois requer capacidade de abstração. E neste sentido, é necessária a aproximação dos conteúdos com temas mais próximos das experiências dos estudantes. Assim o objetivo desse estudo foi uma proposta interdisciplinar e contextualizada para aumentar o interesse do aluno pelo tema herança autossômica influenciada pelo sexo, oferecendo dentro de uma determinada concepção de realidade e conhecimento, esclarecimento dos fatores que influenciam na calvície androgenética.

MATERIAL E MÉTODOS

O modelo didático (Figuras 1) e (Tabelas 1 a 5) exposto neste trabalho foi desenvolvido na Universidade Federal do município de Rondonópolis do Estado de Mato Grosso, para que os Licenciandos de Ciências Biológicas entendessem melhor conceitos teóricos referentes a herança autossômica influenciada pelo sexo. Compreender essa herança é essencial para analisar fenômenos como a dos fatores que influenciam a calvície androgenética.

O modelo apresentado (Figura 1) foi desenvolvido a partir de ilustrações de figuras humanas simulando três gerações com o fenótipo da calvície sendo expresso distintamente em homens e mulheres.

Na primeira geração foram indicadas duas famílias (A e B) e na segunda geração, três famílias (C, D e E). As famílias A, C e D apresentavam, em comum, progenitores afetados pelo fenótipo da calvície. E as famílias (B e E) progenitores que não estavam afetados pelo fenótipo calvície.

Os sujeitos de estudo foram 28 (vinte e oito) alunos do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto de Ciências Exatas e Naturais, sendo 36,0% de sexo masculino e 64,0% de sexo feminino, com faixa etária entre 18 e 36 anos.

Para abordar o assunto: herança autossômica influenciada pelo sexo, a resolução da atividade da sequência didática foi dividida em duas aulas de 50 minutos/cada da seguinte forma:

A primeira aula (50 min) foi composta pela parte introdutória do tema abordado, de maneira que os alunos pudessem se contextualizar, compreender e se envolver com o tema relacionado.

Na segunda aula (50 min) foi aplicado um experimento simulando uma representação gráfica que mostrava a presença ou ausência da característica calvício ao longo de gerações.

Estratégia do modelo didático proposto

De acordo com o objetivo proposto, o modelo didático (Figura 1), foi elaborado após vários estudos, como representação didática e fonte de informação, que fosse, para os licenciandos em biologia, de fácil acesso, manipulação, confecção e aplicação, possibilitando a oportunidade de desenvolver consciência crítica, responsabilidade e gosto pela pesquisa, qualidades importantes para a formação de um bom estudante.

A estratégia seguida foi a de coleta de dados através de pesquisa na Figura 1, para a identificação das classes genotípicas relativas aos fenótipos de indivíduos do sexo masculino e feminino ilustrando, presença ou ausência de calvício ao longo de três gerações.

Esse tipo de recurso didático foi uma ferramenta construída para facilitar o entendimento da correlação genes alelos-genótipo. As informações coletadas através do gráfico representativo esquematizado (Figura 1), foram também organizadas em tabelas que foram construídas, associando o fenótipo de cada membro familiar a presença ou ausência da calvício dentro de seu grupo familiar.

No caso, para a identificação das classes genotípicas, baseou-se em um único parâmetro: foram verificados os genes que são compartilhados entre os ascendentes e descendentes, entre as gerações.

O conteúdo histórico apresentado aos alunos

Na espécie humana, em que não se pode realizar experiências com cruzamentos dirigidos, a determinação do padrão de herança das características depende de um levantamento do histórico das famílias em que certas características aparecem. Isso permite ao geneticista saber se uma dada característica é ou não hereditária e de que modo ela é herdada. Esse levantamento é feito na forma de uma representação gráfica denominada heredograma (do latim heredium, herança), também conhecida como genealogia, mapa familiar, árvore genealógica ou pedigree.

Um heredograma é um diagrama que representa as relações familiares. Com o avanço da genética, os heredogramas estão se tornando cada vez mais importantes pois permitem o estudo de todas as características genéticas de uma família, além de estudar a ocorrência de doenças genéticas em uma genealogia, etc.

Construir um heredograma consiste em representar, usando símbolos, as relações de parentesco entre os indivíduos de uma família. Cada indivíduo é representado por um símbolo que indica as suas características particulares e sua relação de parentesco com os demais. As simbologias para a construção de heredogramas mostradas nos livros de biologia possuem diversas diferenças de uma fonte para outra. A padronização dessas simbologias também é

importante, pois ela pode melhorar a comunicação entre os diversos profissionais da área de genética.

Pensando nisso, propusemos um padrão de desenho para a construção de heredogramas, tendo como base, figuras de pessoas portadoras de fenótipos com ausência e presença da calvície. Por essa razão, esse padrão será utilizado para a realização deste trabalho.

Indivíduos do sexo masculino são representados por um quadrado, e os do sexo feminino, por um círculo. O casamento, no sentido biológico de procriação, é indicado por um traço horizontal que une os dois membros do casal. Os filhos de um casamento são representados por traços verticais unidos ao traço horizontal do casal.

A montagem de um heredograma obedece a algumas regras:

1^a) Em cada casal, o homem deve ser colocado à esquerda, e a mulher à direita, sempre que for possível.

2^a) Os filhos devem ser colocados em ordem de nascimento, da esquerda para a direita.

3^a) Cada geração que se sucede fica em um nível, ou linha, sendo indicada por algarismos romanos (I, II, III, etc.). Dentro de cada geração, os indivíduos são indicados por algarismos arábicos, da esquerda para a direita. Outra possibilidade é se indicar todos os indivíduos de um heredograma por algarismos arábicos, começando-se pelo primeiro da esquerda, da primeira geração (GUIMARÃES; OTTO; FROTA-PESSOA, 1998). Esses elementos são mostrados no modelo didático (Figura 1).

Dessa forma, como em um quebra-cabeças, mesmo que na sua forma parcial os genótipos dos indivíduos envolvidos, se não de todos, de pelo menos parte deles, vão sendo descobertos para poder fornecer informações sobre a origem dessa predisposição.

Modelo didático: Figura 1.

Para o caso a ser analisado, previamente foi disponibilizado imprimido em papel tamanho A4 para cada aluno a Figura 1 e Tabelas de 1 a 5, simulando imagens que mostrava a presença ou ausência da característica calvície ao longo de gerações.

Destacando que para o diagnóstico relacionado ao distúrbio da queda de cabelos ou não, os alunos deveriam determinar as classes genotípicas geradas por cada indivíduo nas três gerações.

No modelo didático apresentado (Figura 1), cada linha representa uma geração, existem três. Cada geração que se sucede vem indicada por um algarismo romano (I, II, III). Dentro de cada geração, os indivíduos foram indicados por algarismos arábicos, da esquerda para a direita. Essa numeração serve para facilitar a discussão acerca da definição dos seus genótipos.

Os descendentes estão colocados em ordem de nascimento, da esquerda para a direita. Na geração I estão representados dois casais, na geração II estão os seus filhos e na geração III os seus netos.

A característica representada nesse caso é a presença ou ausência da calvície, considerando que no casal (I.1 X I.2) da primeira geração, no homem existe a presença da calvície e na mulher a ausência. Esse casal teve dois filhos: um homem (II.1) e uma mulher (II.3), sendo que o homem (II.1) e a mulher (II.3) têm fenótipos iguais ao pai (I.1).

O filho (II.1) se casou com a mulher (II.2) que tem ausência da calvície e tiveram três filhos, um homem (III.1) e duas mulheres (III.2 e III.3). O homem (III.1) e a mulher (III.3) possuem os fenótipos iguais ao da mãe (II.2), enquanto a filha (III.2) possui o fenótipo igual ao do pai (II.1). A filha (II.3) casou com o homem (II.4) e fenótipo igual a ela com calvície e tiveram um filho (III.4) e uma filha (III.5) com os fenótipos iguais ao dos pais e uma filha (III.6) com fenótipo diferente, ou seja, com ausência da calvície.

O casal na primeira geração (I.3 X I.4), não é afetado pelo fenótipo da calvície, mas, possui um filho (II.4) com fenótipo diferente dos seus pais, ou seja, afetado pela calvície e uma filha (II.6) com fenótipo igual ao de seus pais. O filho (II.4) casou com a mulher (II.3).

A filha (II.6) se casou com um homem (II.5) que tem o fenótipo igual ao seu e tiveram três filhos, dois homens (III.7 e III.8) e uma mulher (III.9). O homem (III.7) e a mulher (III.9) tem os fenótipos iguais aos dos pais. Enquanto o filho (III.8) tem o fenótipo diferente, ou seja, com presença da calvície.

Na Figura 1, estão ilustrações figurativas de indivíduos relacionados por parentesco para analisar ascendência e descendência e, realizar a inferência de genótipos por observação.

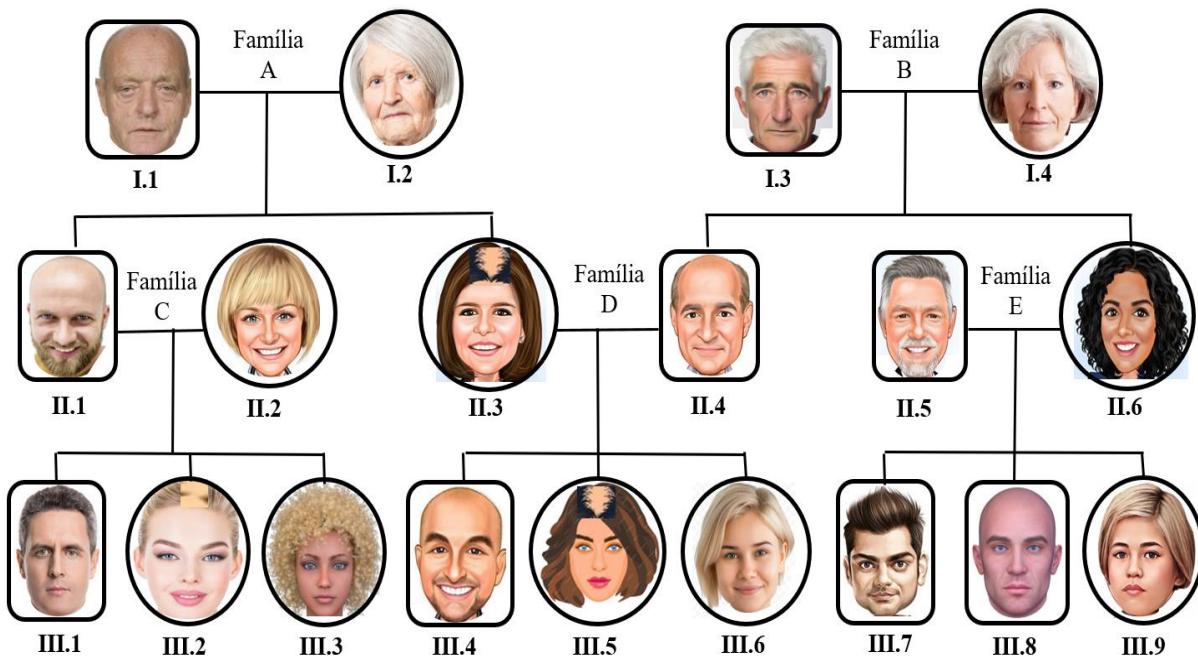


Figura 1. Modelo didático confeccionado com perspectivas de utilização no processo de ensino e aprendizagem de genética, ilustrando hipoteticamente através da árvore genealógica um histórico da transmissão da calvície hereditária em três gerações de indivíduos masculinos e femininos das famílias A e B para a definição do genótipo. (Fonte: Os autores).

As Tabelas de 1 a 5, foram organizadas para coletar as informações da árvore genealógica (Figura 1). Na Tabela 1, estão representadas duas gerações, sendo construída a partir das informações, família A, considerando o casal (I.1 X 1.2) da primeira geração, onde no homem existe a presença da calvície e na mulher a ausência. Os indivíduos II.1 (Homem calvo) e II.3 (Mulher calva) constituem uma irmandade, filhos de mesmo pai (I.1) e mesma mãe (I.2). A mulher (II.2) que não é afetada pelo fenótipo da calvície é nora do casal (I.1 X 1.2), portanto casada com o homem (II.1).

Tabela 1. Arranjo sistemático dos membros da Família A, dispostos em colunas e alinhados para identificação dos genes responsáveis pela variação da calvície.

Geração	Indivíduo	Fenótipo	Aparência	Genótipo
I.	1			
I.	2			
II.	1			
II.	2			
II.	3			

Na Tabela 2, estão representadas duas gerações, sendo construída a partir das informações, família B, considerando o casal (I.3 X 1.4) da primeira geração, onde no homem e mulher são observadas a ausência da calvície. Os indivíduos II.4 (Homem calvo) e II.6 (Mulher não calva) constituem uma irmandade, filhos de mesmo pai (I.3) e mesma mãe (I.4). O homem (II.5) que não é afetado pelo fenótipo da calvície é genro do casal (I.3 X 1.4), portanto casado com a mulher (II.6).

Tabela 2. Arranjo sistemático dos membros da Família B, dispostos em colunas e alinhados para identificação dos genes responsáveis pela variação da calvície.

Geração	Indivíduo	Fenótipo	Aparência	Genótipo
I.	3			
I.	4			
II.	4			
II.	5			
II.	6			

Na Tabela 3, estão representadas duas gerações, sendo construída a partir das informações, família C, considerando o casal (II.1 X 1I.2) da segunda geração, onde no

ascendente homem existe a presença da calvície e na mulher a ausência. O casal tem três filhos. O primeiro foi homem não calvo (III.1), o segundo, uma mulher calva (III.2); e a terceira, uma mulher não calva (III.3), consequentemente eles constituem uma irmandade, filhos de mesmo pai (II.1) e mesma mãe (II.2).

Tabela 3. Arranjo sistemático dos membros da Família C, dispostos em colunas e alinhados para identificação dos genes responsáveis pela variação da calvície.

Geração	Indivíduo	Fenótipo	Aparência	Genótipo
II.	1			
II.	2			
III.	1			
III.	2			
III.	3			

Na Tabela 4, estão representadas duas gerações, sendo construída a partir das informações, família D, considerando o casal (II.3 X II.4) da segunda geração, onde nos ascendentes homem e mulher existe a presença da calvície. O casal tem três filhos. O primeiro foi homem calvo (III.4), o segundo, uma mulher calva (III.5); e a terceira, uma mulher não calva (III.6), consequentemente eles constituem uma irmandade, filhos de mesmo pai (II.3) e mesma mãe (II.4).

Tabela 4. Arranjo sistemático dos membros da Família D, dispostos em colunas e alinhados para identificação dos genes responsáveis pela variação da calvície.

Geração	Indivíduo	Fenótipo	Aparência	Genótipo
II.	3			
II.	4			
III.	4			
III.	5			
III.	6			

Na Tabela 5, estão representadas duas gerações, sendo construída a partir das informações, família E, considerando o casal (II.5 X II.6) da segunda geração, onde nos ascendentes homem e mulher existe a ausência calvície. O casal possui três filhos. O primeiro foi homem não calvo (III.7), o segundo, um homem calvo (III.8); e a terceira, uma mulher não calva (III.9), consequentemente eles constituem uma irmandade, filhos de mesmo pai (II.5) e mesma mãe (II.6).

Tabela 5. Arranjo sistemático dos membros da Família E, dispostos em colunas e alinhados para identificação dos genes responsáveis pela variação da calvície.

Geração	Indivíduo	Fenótipo	Aparência	Genótipo
II.	5			
II.	6			
III.	7			
III.	8			
III.	9			

RESULTADO E DISCUSSÃO

A genética desempenha um papel crucial na calvície, também conhecida como alopecia androgenética. Essa condição hereditária faz com que os fios fiquem cada vez mais finos e fracos a cada ciclo do cabelo, até que parem de crescer.

A predisposição genética para a calvície é um exemplo comum de herança influenciada pelo sexo que é herdada de forma autossômica, o que significa que na espécie humana, tanto homens quanto mulheres podem ter os genes associados a essa característica. Isso acontece porque a expressão dos genes relacionados à calvície é determinada por um gene autossômico cuja dominância é influenciada pelo sexo, comportando-se como dominante no sexo masculino e como recessivo no sexo feminino. De acordo com os autores Silva, Patrício, Paula (2012) a Alopecia Androgenética (AAG) é nada mais que a queda de cabelo geneticamente determinada. É um tipo de patologia que pode acometer os homens, e com menos frequência as mulheres, devido a causa estar relacionada ao hormônio “testosterona” e também genética. Para os autores Hamilton et al. (1942) a calvície é uma herança autossômica dominante nos homens e autossômica recessiva nas mulheres.

O gene responsável pela calvície é chamado C, apresentando dois alelos C₁ e C₂. No sexo masculino o alelo dominante é o C₁, enquanto no feminino o dominante é o alelo C₂. Além desta diferenciação, a calvície no sexo masculino é um caráter dominante, enquanto no feminino é recessivo, ou seja, se um homem apresentar os genótipos C₁C₁ ou C₁C₂ este terá um fenótipo de calvície e se apresentar um genótipo C₂C₂ será não calvo. Nas mulheres, se alguma

apresentar o genótipo C_1C_1 esta será calva, enquanto se esta apresentar um genótipo C_2C_2 ou C_1C_2 será não calva. Esses genes são transmitidos dos pais para os filhos, seguindo padrões específicos de hereditariedade. E o comportamento descrito, explica porque é mais comum encontrarmos mais homens calvos que mulheres.

A Tabela 6, ilustra como o genótipo se manifesta de maneira diferente em homens e mulheres.

Tabela 6. Classes fenotípicas e genotípicas da calvície androgenética masculina e feminina.

Fenótipos		Genótipos
Masculino	Feminino	
Calvo	Calva	C_1C_1
Calvo	Não calva	C_1C_2
Não calvo	Não calva	C_2C_2

É importante ressaltar que apesar da calvície ser difundida como determinada pelos mecanismos demonstrados (Tabela 6), pesquisas recentes sugerem que a calvície é uma herança determinada por pelo menos mais de quatro genes (poligênica). Essas pesquisas sugerem ainda que existe uma forte evidência da relação entre a calvície masculina e uma variação na sequência de um gene no cromossomo X responsável pela produção de um receptor para um tipo de hormônio masculino.

Um dos genes associados à calvície que pode ser transmitido pela mãe fica localizado no cromossomo X, sendo, recessivo nela. Isso significa que o homem (XY) que herdar de sua mãe um cromossomo com esse gene será calvo. Já a mulher precisa herdar dois genes alterados, da mãe e do pai, para que a calvície se manifeste.

Além desse gene ligado ao cromossomo X, existe outro, no cromossomo 20, que pode gerar calvície ao ser transmitido por qualquer um dos genitores. É possível também que outros genes, herdados da linhagem paterna, ajudem a explicar o fato de uma pessoa com pai calvo ter 2,5 vezes mais chances de ter calvície, independentemente do lado materno da família.

A calvície trata-se basicamente do hormônio masculino agindo sobre a herança genética que condiciona a calvície. É por isso que o quadro se inicia após a puberdade, quando o hormônio, normalmente a testosterona, se liga ao receptor de andrógeno e desencadeia a enzima 5-alfa-redutase para converter a testosterona em di-hidrotestosterona (DHT). O gene C, que determina a calvície na espécie humana, atua melhor em presença de hormônios masculinos. Assim, a presença de gene produtor da enzima 5 alfa redutase tipo II que transforma testosterona em di-hidrotestosterona (DHT), se acumula no couro cabeludo, causando a calvície. É como se os hormônios, dissessem aos receptores para produzirem menos cabelo. Consequentemente, os ciclos de crescimento são encurtados, e os fios vão nascendo cada vez mais finos e menores, até parar a produção capilar naquele folículo. Por isso muitos tratamentos clínicos contra calvície são feitos com inibidores de DHT e anti-andrógenos, que inibem e/ou controlam a sua ação.

Segundo Doering et al. (2015); Lyon (2015) a alopecia androgenética (AAG) é a principal das alopecias responsáveis pela queda de cabelo em ambos os sexos. Umas de suas mais importantes características é a mudança no ciclo do crescimento capilar com gradual diminuição do folículo piloso, transformando fios terminais em fios velo.

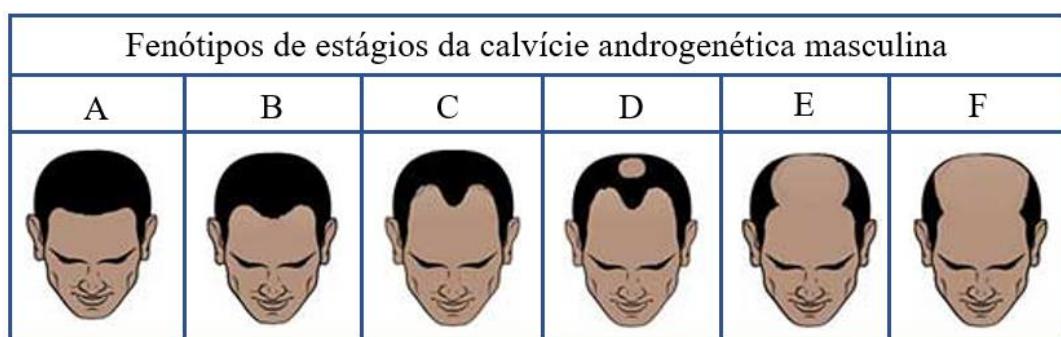
De acordo com o censo da Sociedade Brasileira de Dermatologia, a queixa de alopecia está entre as dez mais frequentes nos consultórios dermatológicos em pacientes de 15 a 39 anos.

Existe um padrão para a perda de cabelo em pessoas do gênero masculino e feminino que possuem calvície androgenética (Figuras 2 e 3).

No masculino (Figura 2), a calvície é facilmente identificada, pois, normalmente acomete primeiramente a região frontal (têmperas) e forma as clássicas “entradas” na linha da frente da cabeça e/ou com o cabelo raleando na parte superior ou topo da cabeça. Após a perda de cabelos nessa região, ocorre a diminuição na região frontal e posterior, e se espalha em direção às costas, até que ocorra a total perda de cabelo ou este diminua significativamente.

As entradas frontais e a parte alta atrás da cabeça, região occipital), são as áreas onde os homens mais perdem cabelo. Pode começar já por volta dos 20 anos, e é mais comum conforme a pessoa envelhece.

Figura 2. Estágios fenotípicos da calvície androgenética masculina, apresentando redução dos fios de cabelos em vários níveis.



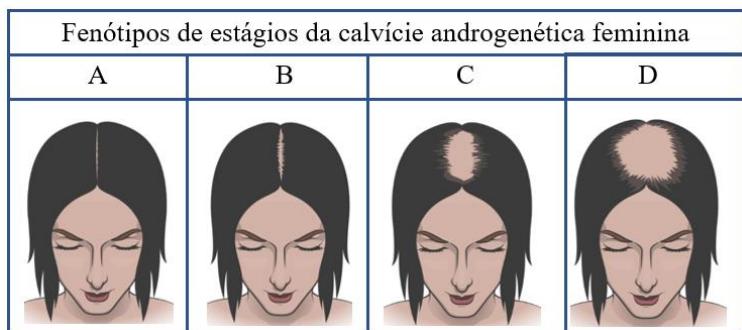
A calvície genética feminina se diferencia em vários aspectos da calvície masculina. O padrão da perda de cabelo nas mulheres geralmente não leva à calvície total, como pode acontecer com alguns homens. Apresenta algumas particularidades em relação a calvície masculina, onde a linha frontal dos cabelos geralmente é preservada, não ocorrendo o surgimento das “entradas”. Há uma rarefação mais difusa dos cabelos principalmente na região superior do couro cabeludo (Figura 3). Geralmente essa rarefação é percebida pela mulher ao dividir o cabelo ao meio. O resultado é um alargamento da linha que divide o cabelo, deixando o couro cabeludo cada vez mais aparente. Além disso, ao amarrar os cabelos para trás, percebe-se um menor volume global, inclusive com necessidade de mais voltas no elástico para prendê-lo. Com o tempo essa rarefação torna-se mais intensa, porém, a mulher não costuma chegar ao ponto de não ter cabelo na área afetada. Entretanto, nem sempre a perda de cabelo está associada com fatores genéticos, podendo ocorrer após um estresse muito grande, após o parto, em razão de tratamento para a cura do câncer, reações imunológicas, graças a alguns tipos de penteado, queimaduras e lesões, doenças da tireoide, falta de ferro e desnutrição.

Para os autores Quan & Sinclair (2007) o padrão de perda de cabelos em mulheres difere do padrão masculino em alguns importantes aspectos: a idade em que se inicia a perda de cabelos, a suscetibilidade genética e a rarefação dos fios na cabeça. Em torno de 12% das mulheres poderão apresentar calvície a partir dos 29 anos; 25%, a partir dos 49 anos; 41%, com idade superior a 69 anos; e cerca de 50% apresentarão características da alopecia em algum grau após os 79 anos. Em homens, a calvície pode começar logo após a puberdade, estendendo-se ao longo da vida.

Segundo os autores Brenner & Soares (2009); Brenner, Seidel, Hepp (2011); Azulay (2017); Oliveira & Machado (2017) em alguns casos de alopecia, dependendo do grau evolutivo

da doença, apesar de não ter um impacto em questão da saúde, provoca transtorno psicológico nas pessoas, sendo assim quando se trata da perda de cabelos pode-se ter efeitos na qualidade de vida. Portanto, é um problema que preocupa muitas pessoas, sendo um dos principais incômodos envolvendo a aparência podendo angustiar e impactar na autoestima pessoal.

Figura 3. Estágios fenotípicos da calvície androgenética feminina, apresentando rarefação dos fios de cabelos em vários níveis.



A Figura 4, ilustra através da árvore genealógica o histórico de ascendentes e descendentes de duas famílias (A e B), onde foi observado pessoas afetadas pelo fenótipo da calvície em três gerações. Nessa genealogia estão representados 19 indivíduos. Nove homens pelo símbolo quadrado e 10 mulheres pelo símbolo circular, destes cinco indivíduos do sexo masculino e três do sexo feminino são afetados pelo fenótipo da calvície. Existem afetados pelo fenótipo da calvície nas três gerações e os indivíduos afetados pertencem aos dois sexos. Essa característica em questão não foi transmitida por igual pelo pai ou pela mãe, afetando filhos do sexo masculino e feminino de formas distintas. Além disso, os homens afetados pela calvície podem ser filhos de ascendentes homens e mulheres com ausência de calvície.

Os indivíduos do sexo feminino afetados pela calvície apresentam o genótipo C_1C_1 sendo, respectivamente, o de número 2, na segunda geração (II-2), e os de número 3 e 5, na terceira geração (III-3 e III-5). Os do sexo masculino são o de número 1, na primeira geração (I.1), genótipo C_- , os de números 1 e 4, na segunda geração (II.1 e II.4) com, respectivamente, genótipos C_1C_2 e C_1C_2 ; e os de números 4 e 8, na terceira geração (III.4 e III.8), respectivamente, genótipos C_1_- e C_1C_2 .

Na família A, podemos observar que não é possível determinar se o ascendente 1 da primeira geração (I.1) com o fenótipo da calvície é homozigoto dominante (C_1C_1) ou heterozigoto (C_1C_2), pois as duas formas seriam possíveis ao combinar os seus genes. Na dúvida, ele foi representado por C_1_- . Já, a ascendente 2, na primeira geração (I.2), não é portadora do fenótipo da calvície, no entanto, sua filha (II.3), foi afetada pela calvície com os alelos C_1C_1 dominantes. Assim, supõem que a ascendente (I.1) tenha genes alelos diferentes, um dominante e um recessivo ou seja, heterozigota (C_1C_2).

Na família B, podemos observar na geração I que os ascendentes 3 e 4 não são portadores do fenótipo da calvície, no entanto seu filho II.4 foi afetado pelo fenótipo da calvície com os genes alelos C_1C_2 heterozigoto, então neste caso, a ascendente 4 da primeira geração (I.4) possui um gene C_1 , portanto, apresenta automaticamente o genótipo C_1C_2 , sendo heterozigota e o seu marido que não foi afetado pelo fenótipo da calvície, apresenta alelos C_2C_2 , sendo de genótipo homozigoto recessivo.

Na família C, o casal II.1 e II.2 possuem características fenotípicas diferentes e genes alelos iguais, respectivamente, C_1C_2 e C_1C_2 , genótipos heterozigotos. Dessa forma, sendo o filho (III.1) homozigoto recessivos (C_2C_2) e a filha (III.2) homozigoto dominante (C_2C_2) o casal deve ser heterozigotos dominante e recessivo (C_1C_2 e C_1C_2), uma vez que possuem uma outra filha (III.3) com a característica recessiva não sendo afetada pela calvície. Para essa filha (III.3),

não é possível determinar se ela é homozigota recessiva (C_2C_2) ou heterozigoto (C_1C_2), pois as duas formas seriam possíveis ao combinar os genes do pai (II.1) e da mãe (II.2). Na dúvida, a filha (III.3) foi representada por ($_C_2$).

Na família D, o casal II.3 e II.4 possuem características fenotípicas iguais, porém, genes alelos diferentes, respectivamente, C_1C_1 e C_1C_2 , genótipo homozigoto dominante e heterozigoto. Já para o filho III.4 que foi afetado pela calvície, não podemos afirmar se ele é heterozigoto (C_1C_2) ou homozigoto (C_2C_2). Falta informações para concluirmos qual o genótipo por ele apresentado.

Na família E, o casal II.5 e II.6 possuem características fenotípicas iguais, porém, genes alelos diferentes, respectivamente, C_2C_2 e C_1C_2 , genótipo homozigoto recessivo e heterozigoto recessivo. E se observarmos na geração III veremos na irmandade que eles têm um filho com fenótipo da calvície (III.8) diferente dos pais (II.5 e II.6) que são de fenótipos iguais não portadores de calvície.

Essa inferência de genótipos vistas nas famílias (B e E) foi de grande valia para o entendimento do porquê a característica representada na Figura 1 e 2 é claramente autossômica recessiva no sexo feminino e dominante no sexo masculino quando comparamos os dois sexos. Ficando claro também, que os afetados pela calvície de genótipos heterozigotos são somente os indivíduos do sexo masculino.

Para casais como das famílias A e B, que possuem característica autossômica recessiva terem filhos do sexo masculino com característica autossômica dominante, ou seja, portador do fenótipo da calvície, um dos progenitores, precisa ser portador do alelo C_1 . Dessa forma, sendo os indivíduos (I.3 e II.5) homozigotos recessivos (C_2C_2), as esposas (I.4 e II.6) devem ser heterozigotas recessivas (C_1C_2), uma vez que possuem os filhos (II.4 e III.8) com a característica da calvície. Portanto, esse é um indício de que a calvície é um caso de herança que é influenciada ou modificada pelo sexo dos indivíduos. Dessa forma, ocorre quando os genes responsáveis por uma característica estão presentes em ambos os sexos e podem ser expressos em ambos, mas a expressão da característica é afetada pelo sexo do indivíduo. Nesse tipo de herança, a expressão de um gene pode ser mais forte ou mais fraca dependendo do sexo, ou a probabilidade de expressar a característica pode variar entre os sexos. Assim, um indivíduo do sexo masculino C_1C_1 ou C_1C_2 será calvo, enquanto um do sexo feminino C_1C_2 será de cabelos normais, pois no sexo feminino apenas uma dose do gene C_1 não é suficiente para desencadear a calvície.

Dessa forma, o fenótipo da calvície é expresso distintamente em homens e mulheres: dominante nos homens e recessivo nas mulheres. Esse tipo de evento ocorre, devido à presença de hormônios sexuais em taxas diferentes nos dois sexos e independe de o gene C_1 se localizar em cromossomo sexual ou autossômico, conforme se observou na Figura 4. Para os autores Silva, Patrício, Paula (2012) a queda de cabelo geneticamente determinada é um tipo de patologia que pode acometer os homens, e com menos frequência em mulheres, devido a causa estar relacionada ao hormônio “testosterona” e também genética.

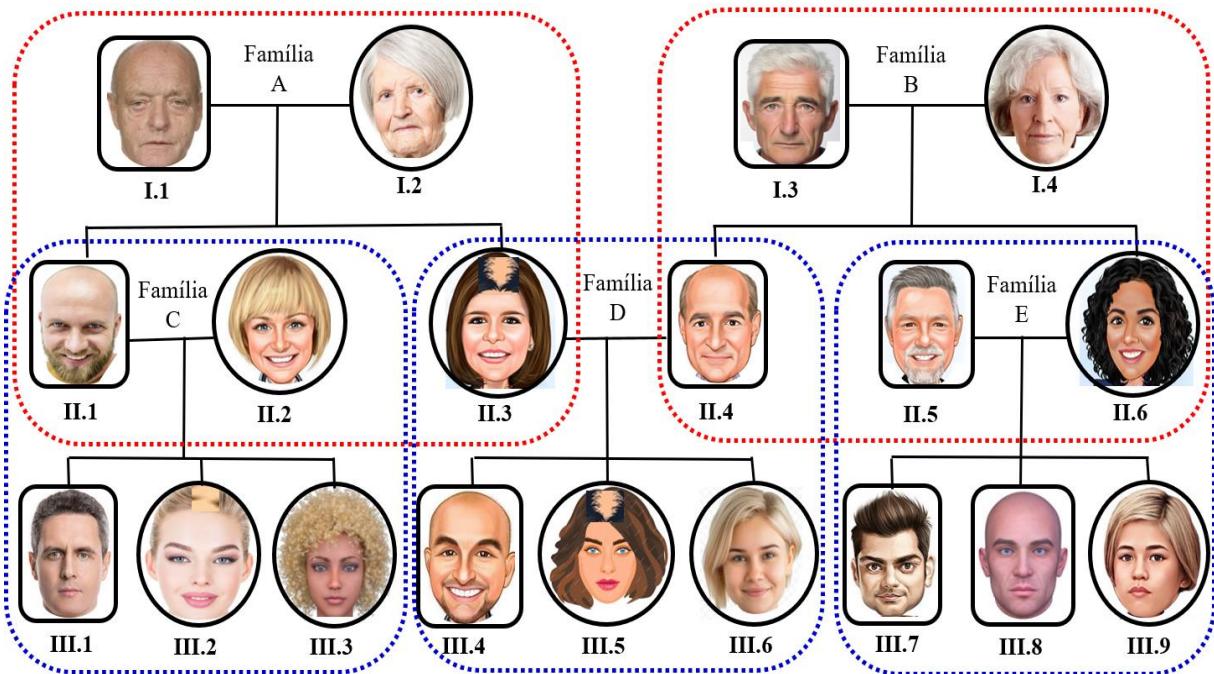


Figura 4. Arranjo sistemático indicando as relações de parentesco dos membros da Família A, B, C, D, E dispostos por geração em algarismos romanos e alinhados por ordem de nascimento em algarismos árabicos ilustrando individuos masculinos e femininos que transmitem em comum os genes da presença ou ausência do fenótipo da calvície, extraído da Figura 1.

Nem sempre pode ser possível determinar todos os genótipos dos indivíduos indicados com base nas informações fornecidas (Figuras 1 e 4). Nas Tabelas 7 a 11, as informações que foram coletadas observando a representação gráfica das relações de parentesco entre os indivíduos das famílias A, B, C, D, E (Figura 1 e 4), estão organizadas de acordo com a geração e numeração de ordem de nascimento do indivíduo, ilustrando a presença ou ausência do fenótipo da calvície ao longo de duas gerações para a verificação do gene que desencadeia a calvície hereditária.

Na Tabela 7, as informações foram coletadas observando a representação gráfica das relações de parentesco entre os indivíduos da família A (Figura 1 e 4). A característica representada nesse caso é a presença ou ausência do fenótipo da calvície, considerando que no casal (I.1 X 1.2) da primeira geração, no homem existe a presença da calvície e na mulher a ausência. O casal (I.1 X 1.2) teve dois filhos: um homem (II.1) e uma mulher (II.3), sendo que o homem (II.1) e a mulher (II.3) são afetados pela calvície, igual ao pai (I.1). O filho (II.1) se casou com uma mulher (II.2) que tem ausência da calvície. Dessa forma, os genótipos do casal (I.1 X I.2) são, respectivamente, C_1- e C_1C_2 e dos seus descendentes (II.2 e II.3), respectivamente, C_1C_2 e C_1C_1 .

Não há informações para concluirmos qual o genótipo apresentado pelo ascendente (I.1) cujo genótipo está representado por um gene C_1 , o que faz com seu fenótipo seja portador da calvície.

Se observarmos na geração II os genes alelos dos descendentes (II.1 e II.3) veremos que a calvície é uma característica influenciada pelo sexo e que está se expressando no filho (II.1) em heterozigose (C_1C_2) na filha (II.3) em homozigose (C_1C_1). Portanto, esse é um indício de que a calvície se comporta como dominante no sexo masculino e recessivo no feminino. Essa diferença de comportamento, provavelmente, pode ser devido ao ambiente hormonal de cada indivíduo.

Para os autores Yang; Cheng; Özsoyoglu (2012) um heredograma é um diagrama para representar as relações familiares e é frequentemente utilizado para determinar o modo de herança de determinadas características. E segundo Beiguelman (2008) o termo heredograma resulta da palavra latina hers que quer dizer herança, e da palavra grega gramma, que quer dizer letra ou símbolo. O nome correspondente em inglês é pedigree.

Tabela 7. Arranjo sistemático dos membros da Família A, dispostos em colunas e alinhados com a identificação dos genes responsáveis pela variação da calvície, extraído da Figura 4.

Geração	Indivíduo	Fenótipo	Aparência	Genótipo
I.	1		Presença de calvície	C ₁ —
I.	2		Ausência da calvície	C ₁ C ₂
II.	1		Presença de calvície	C ₁ C ₂
II.	2		Ausência da calvície	C ₁ C ₂
II.	3		Presença de calvície	C ₁ C ₁

Na Tabela 8, as informações foram coletadas observando a representação gráfica das relações de parentesco entre os indivíduos da família B (Figura 1 e 4). A característica representada nesse caso é a presença ou ausência do fenótipo da calvície, considerando que no casal (I.3 X 1.4) da primeira geração, no homem e na mulher existe a ausência da calvície. O casal (I.1 X 1.2) teve dois filhos: um homem (II.4) e uma mulher (II.6), sendo que o homem (II.4) é afetado pela calvície, diferente do fenótipo dos ascendentes (pai I.3) e (mãe I.4). A filha (II.6) que demonstra ausência de calvície se casou com um homem (II.5) que também demonstra a ausência da calvície. Dessa forma, os genótipos do casal (I.1 X I.2) são, respectivamente, C₂C₂ e C₁C₂ e dos seus descendentes (II.4 e (II.6), respectivamente, C₁C₂ e C₁C₂.

Analizando-se os genes alelos do casal (I.3 e I.4), foi possível observar que tanto o ascendente do sexo masculino (I.3) como o do feminino (I.4) não expressam a calvície, entretanto, geraram o filho (II.4) portador do fenótipo da calvície. Para que esse filho (II.4) seja portador da calvície, ele necessitou de um gene (C₁) que fosse transmitido do pai (I.3) ou da mãe (I.4). Assim sendo, como o pai (I.4) não possui o fenótipo da calvície e, sendo portador do genótipo (C₂C₂), a mãe (I.4) que não apresenta o fenótipo da calvície, obrigatoriamente, deve

ser heterozigota (C_1C_2) e portadora do um gene da calvície e, assim, ela foi quem transmitiu o gene da calvície para o filho (III.8). Da mesma forma, podemos observar que a filha (II.6) desse casal deve ser heterozigota (C_1C_2), recebeu obrigatoriamente um gene para ausência da calvície, um herdado do seu pai (I.3) homozigoto (C_2C_2), e o outro gene para presença da calvície da sua mãe heterozigota (C_1C_2).

Tabela 8. Arranjo sistemático dos membros da Família B, dispostos em colunas e alinhados com a identificação dos genes responsáveis pela variação da calvície, extraído da Figura 4.

Geração	Indivíduo	Fenótipo	Aparência	Genótipo
I.	3		Ausência da calvície	C_2C_2
I.	4		Ausência da calvície	C_1C_2
II.	4		Presença de calvície	C_1C_2
II.	5		Ausência da calvície	C_2C_2
II.	6		Ausência da calvície	C_1C_2

Na Tabela 9, as informações foram coletadas observando a representação gráfica das relações de parentesco entre os indivíduos da família C (Figura 1 e 4). A característica representada nesse caso é a presença ou ausência do fenótipo da calvície, considerando que no casal (II.1 X II.2) da segunda geração, no homem existe a presença da calvície e na mulher a ausência. Esse casal (II.1 X II.2) teve três filhos: um homem (III.1) e duas mulheres (III.2 e III.3), sendo que o homem (III.1) e a mulher (III.3) demonstram ausência de calvície, igual a mãe (II.2). A filha (III.2) demonstra presença da calvície. Dessa forma, os genótipos do casal (II.1 X II.2) são, respectivamente, C_1C_2 e C_1C_2 e dos seus descendentes (III.1, III.2 e III.3), respectivamente, C_2C_2 , C_1C_1 e C_2C_2 . Não há informações para concluirmos qual o genótipo apresentado pela descendente (III.3) cujo fenótipo demonstra ausência da calvície e representado, por um gene C_2 .

Analizando-se os genes alelos do casal II.1 e II.2, foi possível observar que a descendente do sexo feminino (III.2), é portadora de calvície. Desse modo, ela herdou um gene do pai (II.1) e outro da mãe (II.2). Assim sendo, a mãe (II.2) obrigatoriamente deverá ser heterozigota (C_1C_2), pois não apresenta o fenótipo da calvície, mas transmitiu um gene da calvície a filha (III.2). Da mesma forma, podemos verificar que o descendente do sexo

masculino (III.1) do casal com certeza é homozigoto (C_2C_2), pois recebeu obrigatoriamente os gene para ausência da calvície do seu pai e mãe heterozigotos (C_1C_2), que são, respectivamente, portadores da calvície e da ausência da calvície.

O mesmo raciocínio pode ser aplicado para a descendente do sexo feminino (III.3). Entretanto, ainda restam dúvidas sobre a sua composição genotípica. A única informação que podemos fornecer é que ela apresenta um gene que é determinante da ausência da calvície (C_2), pois não foi afetada pela calvície.

Tabela 9. Arranjo sistemático dos membros da Família C, dispostos em colunas e alinhados com a identificação dos genes responsáveis pela variação da calvície, extraído da Figura 4.

Geração	Indivíduo	Fenótipo	Aparência	Genótipo
II.	1		Presença de calvície	C_1C_2
II.	2		Ausência da calvície	C_1C_2
III.	1		Ausência da calvície	C_2C_2
III.	2		Presença de calvície	C_1C_1
III.	3		Ausência da calvície	$-C_2$

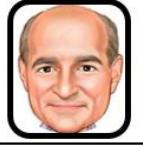
Na Tabela 10, as informações foram coletadas observando a representação gráfica das relações de parentesco entre os indivíduos da família D (Figura 1 e 4). A característica representada nesse caso é a presença ou ausência do fenótipo da calvície, considerando que no casal (II.3 X II.4) da segunda geração, no homem e na mulher existe a presença da calvície. O casal (II.3 X II.4) teve três filhos: um homem (III.4) e duas mulheres (III.5 e III.6), sendo que o homem (III.4) e a mulher (III.5) são afetados pela calvície, iguais aos fenótipos dos ascendentes (mãe II.3) e (pai II.4). A filha (III.6) demonstra ausência de calvície. Dessa forma, os genótipos do casal (II.3 X II.4) são, respectivamente, C_1C_1 e C_1C_2 e dos seus descendentes (III.4, III.5 e III.6), respectivamente, C_1- , C_1C_2 e C_1C_2 . No caso do homem, na terceira geração (III.4), cujo fenótipo demonstra presença da calvície, a análise na árvore genealógica não permite determinar se a sua natureza genotípica é homozigota ou heterozigota, assim, seu genótipo é representado, por um gene alelo C_1- .

Quando um fenótipo está sendo influenciado pelo sexo, como no caso da calvície hereditária, qualquer descendente da mãe (II.3), que vier a ser do sexo masculino, será afetado

pela calvície. Ela, automaticamente, transmite um de seus genes (C_1C_1) para os seus descendentes de sexo masculino, que, certamente, serão igualmente afetados pelo fenótipo da calvície. A mãe (III.3) passou esse gene ao filho (III.4), que manifestou a característica.

Para pais com mesmo fenótipo da calvície apresentarem descendentes de sexo feminino com fenótipos diferentes, é necessário que o ascendente masculino seja heterozigoto para a característica analisada, visto que, a mãe (II.3) é portadora de ambos os alelos da calvície (C_1C_1). Assim sendo, podemos observar, neste caso, que a filha (III.6) é portadora de um dos genes da mãe (II.3), mas não o expressa. Diferentemente da filha (III.5), em que os genes da calvície se encontram em homozigose (C_1C_1).

Tabela 10. Arranjo sistemático dos membros da Família D, dispostos em colunas e alinhados com a identificação dos genes responsáveis pela variação da calvície, extraído da Figura 4.

Geração	Indivíduo	Fenótipo	Aparência	Genótipo
II.	3		Presença de calvície	C_1C_1
II.	4		Presença de calvície	C_1C_2
III.	4		Presença de calvície	C_1-
III.	5		Presença de calvície	C_1C_1
III.	6		Ausência de calvície	C_1C_2

Na Tabela 11, as informações foram coletadas observando a representação gráfica das relações de parentesco entre os indivíduos da família E (Figura 1 e 4). A característica representada nesse caso é a presença ou ausência do fenótipo da calvície, considerando que no casal (II.5 X II.6) da primeira geração, no homem e na mulher existe a ausência da calvície. O casal (II.5 X II.6) teve três filhos: dois homens (III.7 e III.8) e uma mulher (III.9), sendo que o homem (III.8) é afetado pela calvície, diferente do fenótipo dos ascendentes (pai II.5) e (mãe II.6). O filho (III.7) e a filha (III.9) demonstram a ausência da calvície, fenótipos iguais aos dos seus ascendentes (pai III.5) e (mãe III.6). O filho (III.8) demonstra presença de calvície. Dessa forma, os genótipos do casal (II.5 X II.6) são, respectivamente, C_2C_2 e C_1C_2 e dos seus descendentes (III.7, III.8 e III.9), respectivamente, C_2C_2 , C_1C_2 e $-C_2$. Não há informações para concluirmos qual o genótipo apresentado pela descendente de sexo feminino (III.9) cujo fenótipo demonstra ausência da calvície e sendo representado por um gene $-C_2$.

No entanto, quando associamos os genes alelos do casal (III.5 e III.6), observamos que a calvície é uma característica influenciada pelo sexo e que está se expressando no filho de sexo masculino (III.8) em heterozigose (C_1C_2), embora não se expressando na sua mãe (II.6) que possui os mesmos genes alelos (C_1C_2). Assim, podemos dizer que a calvície é uma condição genética hereditária influenciada pelo sexo, visto que, a mãe (II.6) é heterozigota, portadora de um dos alelos da calvície (C_1C_2) e desse modo, não exprime a calvície no fenótipo, mas pode ter descendentes do sexo masculino afetados.

Analizando-se os genes alelos do casal (II.5 e II.6), foi possível também observar que tanto o ascendente do sexo masculino (II.5) como o do feminino (II.6) que não expressam a calvície, geraram o filho (III.8) portador do fenótipo da calvície. Para esse filho (III.8) ser portador da calvície, ele obrigatoriamente, herdou um gene (C_1) do pai (II.5) ou da mãe (II.6). Assim sendo, como o pai (II.5) não possui o fenótipo da calvície (C_2C_2), a mãe (II.6) é obrigatoriamente heterozigota (C_1C_2), não apresentando o fenótipo da calvície, mas sendo quem transmitiu o gene da calvície para o descendente do sexo masculino (III.8). Assim, a calvície observada no filho (III.8) foi transmitida através da mãe (II.6), que obrigatoriamente é portadora do alelo C_1 . Da mesma forma, podemos observar que o filho (III.7) desse casal deve ser homozigoto (C_2C_2), recebeu obrigatoriamente dois genes para ausência da calvície, um herdado do seu pai (II.5) homozigoto (C_2C_2), e outro da sua mãe heterozigoto (C_1C_2).

Tabela 11. Arranjo sistemático dos membros da Família E, dispostos em colunas e alinhados com a identificação dos genes responsáveis pela variação da calvície, extraído da Figura 4.

Geração	Indivíduo	Fenótipo	Aparência	Genótipo
II.	5		Ausência da calvície	C_2C_2
II.	6		Ausência da calvície	C_1C_2
III.	7		Ausência da calvície	C_2C_2
III.	8		Presença de calvície	C_1C_2
III.	9		Ausência da calvície	$-C_2$

A árvore genealógica ilustrando representações de cinco famílias (Figuras 1 e 2) com o histórico de ascendentes e descendentes, afetadas pelo fenótipo da calvície, permitiu aos licenciandos conviverem com a genética do seu dia a dia, podendo observar e compreender ao

correlacionarem fenótipo com genótipo como a transmissão da calvície se comporta no sexo masculino e feminino.

Ao associar os genes alelos aos fenótipos dos indivíduos (Figura 1 e 2 e Tabelas 7 a 11) os licenciandos conseguiram identificar que a calvície é expressa distintamente em homens e mulheres: dominante nos homens e recessivo nas mulheres. Desse modo, ao analisar uma família onde os ascendentes pai e a mãe não são afetados pelo fenótipo da calvície, automaticamente foi possível para eles, identificarem que o genótipo da mãe é heterozigoto (C_1C_2) como foi no caso do casal (II.5 x II.6).

Assim, ao analisar como as informações dos genes são transmitidas dos ascendentes para os descendentes, conseguiram entender que a probabilidade que uma pessoa do sexo masculino tem de herdar a calvície é diferente da do sexo feminino.

Essas associações permitiram que os licenciandos compreendessem os conceitos de homozigoto e heterozigoto, de alelo e gene, de fenótipo e genótipo, deixando de ser algo abstrato para eles. Segundo Mascarenhas (2016) o interesse dos alunos pelas atividades de genética começa quando eles a vêem de uma forma diferente, pois conseguem entender conceitos-chave para a continuidade do aprendizado. E essa afirmação foi verificada neste trabalho. A medida em que o tempo passava, os alunos demonstravam mais interesse em pesquisar e resolver os problemas encontrados, além de mostrar maior domínio do assunto abordado. Essas ações permitiram observar que de fato o modelo didático (Figura 1) aqui utilizado colaborou para o aprendizado dos licenciandos.

Outra observação de grande relevância foi que os alunos conseguiram reconhecer a importância da construção de heredogramas, como ferramenta auxiliadora nos processos de investigações genéticas. Para os autores Duso et al. (2013), a modelização tem sido considerada, nos últimos anos, um método de ensino bastante promissor para o ensino aprendizagem de ciências e biologia, porque propicia a reflexão, o debate e a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem, estimulando a criatividade, a interatividade, a capacidade de decisão e a pesquisa. E assim, observa-se o crescente aumento no número de pesquisas sobre a importância do uso de modelos didáticos na construção do conhecimento e sua relação no processo de ensino, nos últimos anos (ISLAS & PESAS, 2001; JUSTINA & RIPPEL, 2003; GILBERT, 2004; FERREIRA & JUSTI, 2008; ORLANDO et al., 2009; DUSO et al., 2013; TEMP, 2014; SILVA & SARAIVA, 2020; MEDEIROS et al., 2021; MEDEIROS, ALVES e KIMURA, 2022; 2023; 2024).

Para os diversos autores Madureira et al. (2016); Medeiros, Alves e Kimura (2023; 2024) a utilização de modelos didáticos como estratégia para ensinar genética tem uma significativa importância no processo do aprendizado científico. Além de facilitarem o conhecimento, permitem ao professor despertar o interesse, tornando a aula mais prazerosa e motivando-os a participarem e se envolverem no processo de ensino e aprendizagem.

Dessa forma, com as devidas adaptações, esse modelo didático (Figura 1), apresenta flexibilidade para ser trabalhado em todos os níveis de ensino.

De acordo com Cid & Neto (2005) o conhecimento das principais dificuldades e condicionantes de aprendizagem que os alunos, em geral, enfrentam ao estudar um novo tópico de Biologia constitui, um dos fatores que podem fornecer, elementos importantes para que os professores transformem o conteúdo a ser ensinado. Assim se faz necessário o uso de ferramentas metodológicas que permitam um ensino mais adequado e que seja capaz de chamar a atenção dos alunos e promover uma participação ativa na construção do saber (VYGOTSKY, 2003; MARCONI & LAKATOS, 2003; SETÚVAL & BEJARANO, 2009; AMABIS & MARTHO, 2010; ANTUNES & SABÓIA-MORAIS, 2010; AINSWORTH, PRAIN & TYTLER 2011; GIL, 2010; SOUZA et al., 2013; TEMP & BARTHOLOMEI-SANTOS, 2011; 2014; 2018 MADUREIRA et al. (2016); MORAIS & MARQUES, 2017; PAIXÃO et al., 2018;

PEREIRA, 2019; LUZ et al., 2019; LIMA et al., 2020; MEDEIROS, ALVES e KIMURA (2023; 2024).

Vygotsky (2003), cita que os modelos didáticos são muito utilizados na Biologia, pois este campo envolve muitas hipóteses, conceitos, teorias e fenômenos, diminuindo, assim, seu nível de abstração em sala de aula e faz com que a escola fuja daquilo que é considerado tradicional. Dessa forma, segundo os autores Antunes; Saboia-Moraes (2010) proporciona maior interação entre aluno e professor. Quando o professor escolhe os modelos didáticos como ferramenta pedagógica, ele tem a possibilidade de trabalhar o raciocínio e a interatividade entre os alunos, possibilitando que eles exercitem a mente de uma forma lúdica e assimilem novos conhecimentos, além disso, se aliado a outras práticas pedagógicas pode ser também um grande instrumento da educação inclusiva, no ensino de pessoas com qualquer tipo de necessidade.

O uso do gráfico (Figura 1) e (Tabelas 7 a 11), como recurso de ensino e aprendizagem pode, além de ensinar conceitos e procedimentos específicos das combinações de alelos de acordo com os genótipos inferidos, proporcionar melhor compreensão do processo da herança influenciada pelo sexo na espécie humana, verificando que tanto homens quanto mulheres podem ter os genes associados a essa característica. Isso acontece porque a expressão dos genes relacionados à calvície é determinada por um gene autossômico cuja dominância é influenciada pelo sexo, comportando-se como dominante no sexo masculino e como recessivo no sexo feminino. Também, desencadeou conhecimentos do contexto histórico-social e cultural dos estudantes e, ainda contribuiu de forma efetiva para um melhor entendimento na aprendizagem de conceitos relacionados à Genética.

Segundo Beigelman (2008), a história genealógica registrada graficamente num heredograma permite a compreensão rápida das diversas relações de parentesco entre diversos membros de uma genealogia, revendo as informações em tempo muito curto e permitindo, inclusive, avaliar a sua correção e melhor explorar a investigação em algumas delas. Também permite verificar se uma doença se manifesta em um único indivíduo (caso esporádico) ou se ela se repete na genealogia, qual a distribuição dos casos afetados segundo o sexo, qual a ordem de nascimento dos doentes nas irmandades e qual a fertilidade dos casais.

Portanto, a produção dos modelos didáticos (Figura 1 e Tabelas 1 a 5), podem ser considerados uma ferramenta eficaz na articulação método-conteúdo constituindo um processo representativo de recurso acessível que possibilitou aumentar a compreensão nesta área do conhecimento, reduzindo o nível de abstração, através da aprendizagem por levantamento de dados pautado na pesquisa de identificar o tipo de herança genética e a possibilidade que uma pessoa tem de herdar um gene para determinada característica genética.

CONCLUSÃO

Concluiu-se através da participação ativa dos estudantes, que a utilização desse modelo didático levou a um maior interesse pelo conteúdo, e indubitavelmente motivou e contribuiu para a melhor aprendizagem, podendo ser estrategicamente aplicado como um eixo integrador de temas que envolvem a genética, analisando na genealogia, o histórico de ancestrais e descendentes de uma família.

Este modelo didático também possibilitou aprendizagem construtivista e a socialização, promovendo o trabalho em grupo. E dessa forma, exerceu a habilidade dos licenciandos em respeitar as diferentes opiniões e tomar decisões para a construção das figuras e das tabelas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AINSWORTH, S.; PRAIN, V.; TYTLER, R. Drawingto Learn. *Science Education*, v. 333, n. 26, p. 1096-1097, 2011.
- AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. Biología: Biología das Populações. v. 3. São Paulo. Moderna, 2010.
- ANTUNES, A. M.; SABÓIA-MORAIS, S. M. T. O **jogo** Educação e Saúde: uma proposta de mediação pedagógica no ensino de Ciências. *Experiências em Ensino de Ciências*, v.5, n.2, p. 55-70, 2010.
- AYUZO, E.; BANET, E. Alternativas a la Enseñanza de la Genética em Educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*. 20, 1, 2002, p. 133 – 157.
- AZULAY, R. D. et al. Afecções dos Pelos. In: AZULAY, Rubem David et al. *DERMATOLOGIA*. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan Ltda, 2017. p. 757-782.
- BANETT, R. L.; FRENCH, K. S. RESTA, R. G., & DOIYLE, D. L. Standardized human pedigree nomenclature: update and assessment of the recommendations of the National Society Genetic Counselores. *Genetic Counselores*, 17, 424-433. (2008).
- BEIGUELMAN, B. A Interpretação Genética da Variabilidade Humana. Ribeirão Preto, SP: Editora SBG (Sociedade Brasileira de Genética), 2008. 152 p.
- BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Lei n. 9.394 de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 23 dez. 1996.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 1997.
- BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros curriculares nacionais: Ensino Médio. Brasília: MEC/SEM, 1999.
- BRASIL. Secretaria de Educação Básica. Formação de professores do ensino médio: áreas de conhecimento e integração curricular. Curitiba UFPR/Setor de Educação, 2013.
- BRASIL, Secretaria da Educação Básica. Formação de professores do ensino médio: Ciências da Natureza. Curitiba UFPR/Setor de Educação, 2014.
- BRASIL. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Educação é a Base. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME. 2017.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria Executiva. Secretaria de Educação Básica. Conselho Nacional de Educação. Base Nacional Comum Curricular: Educação é a base. Brasília: MEC.2018.
- BRENNER, F; SOARES, I. F. Alopecia androgenética masculina: uma atualização.335 Curitiba, PR, Brasil (2009).

BRENNER, F; SEIDEL, G; HEPP, T. Entendendo a Alopecia Androgenética. Curitiba, PR, Brasil (2011).

CAVALCANTI, C. P. Protocolos de tratamento da alopecia: uma revisão. TCC (Graduação em Farmácia) – Universidade Estadual da Paraíba. Paraíba, p.30. 2015.

CID, M.; NETO, A. J. Dificuldades de aprendizagem e conhecimento pedagógico do conteúdo: o caso da genética. Enseñanza de las Ciencias, 2005. número extra. **VII congresso**

DOERING, T. Alopecia androgenética: diagnóstico e manejo clínico / Androgenetic alopecia: diagnosis and clinic management. Acta méd. (Porto Alegre), 36: [6], 2015.

DUSO, L.; CLEMENT, L.; PEREIRA, P. B.; FILHO, J. P. A. Modelização: Uma Possibilidade no Ensino de Biologia. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, 15(2), 29-44. (2013).

DELLA, L. A. J.; FERLA, M. R. A utilização de modelos didáticos no ensino de genética- exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto. Arquivos do Museu Dinâmico Interdisciplinar, v. 10, n. 2, p. 35-40, 2013.

DUSO, L. O uso de modelos no ensino de biologia. Encontro Nacional de Didática e Práticas de Ensino, v. 16, p. 432-441, 2012. UNICAMP - Campinas – 2012.

FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. S. Modelagem e o “fazer ciência”. Química Nova na Escola, 28, 32-36. (2008).

FRANZOLILIN, F. Conhecimentos básicos de genética segundo professores e docentes e sua apresentação em livros didáticos e na academia: aproximações e distanciamentos. 2012. 674f. Tese. (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: www.teses.usp.br/teses. Acesso em: 14 jan. 2014.

GARDNER, E. J.; SNUSTAD, D. P. Genética. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1986.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. São Paulo, Editora Atlas, Sétima edição. 2010.

GILBERT, J. K. Models and modeling: routes to more authentic science education. International Journal of Science and Mathematics Education, Netherlands, 2, 115 – 130. (2004).

GRIFFITHS, A. J. F.; WESSLER, S. R.; LEWONTIN, R. C.; CARROLL, S. B.; DOEBLEY, J. Introdução a genética. 10 edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

GUIMARÃES, P. O.; OTTO, P. A.; FROTA-PESSOA, P. Genética Humana e Clínica. São Paulo: Roca, 1998. 333 p.

HAMILTON, J. B.; Male hormone stimulation is prerequisite and an incitant in common baldness. American Journal Of Anatomy, [s.l.], v. 71, n. 3, p.451-480, nov. 1942. Wiley.

ISLAS, S. M.; PESA, M. A. Futuros docentes y futuros investigadores se expresan sobre el modelado en física. Rev. Brasileira de Ensino de Física. São Paulo, 23(3), 319 – 328. (2001).

JUSTINA, L. A. D.; RIPPEL, J. L. Ensino de Genética: representações da ciência da hereditariedade no nível médio. In IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. 2003.

JUSTINA, L. A. D.; FERLA, M. R. A utilização de modelos didáticos no ensino de Genética – Exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto. Arq. Mudi. v. 10, n. 2, p. 35 - 40, 2006.

LIMA, M. M. O. et al. Practical Biology activities: an investigative teaching sequence about the cell cycle. Research, Society and Development, 9(9), 1-22. (2020).

LUZ, J. R. D. et al. O uso de desenhos no estilo mangá como Ferramenta didático-pedagógica para o Ensino de bioquímica. 2019. In: MONTEIRO, S. A. S. Pensando as licenciaturas. Atena Editora: Ponta Grossa, PR, 2019.

LYON, S. Alopecia. In: LYON, S.; SILVA, R. C. Dermatologia estética - Medicina e cirurgia estética. Rio de Janeiro: Med Book Editora Científica Ltda, 2015. p. 3-596.

MADUREIRA, H. C. et al. O uso de modelagens representativas como estratégia didática no ensino da biologia molecular: entendendo a transcrição do DNA. Revista Científica Interdisciplinar. V. 3, n. 1, p. 17-25, jan/mar. 2016.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos de metodologia científica. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MASCARENHAS, M. J. O.; SILVA, V. C.; MARTINS, P. R. P; FRAGA, E. C.; BARROS, M. C. Estratégias Metodológicas para o Ensino de Genética em Escola Pública. Pesquisa em Foco, v. 21, n.2, p.05-24. 2016.

MEDEIROS, M. O.; ALVES, S. M.; KIMURA, M. T.; SOUZA, E. A. Proposta de modelo didático como facilitador do ensino de genética de populações no Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da UFR/MT. Biodiversidade - v.20, n.2, 2021 - pág. 215 – 235.

MEDEIROS, M. O.; ALVES, S. M.; KIMURA, M. T.; SOUZA, E. A. Utilização prática de um modelo didático simulando uma técnica de bandas do DNA para estudo comparativo do vínculo genético humano aplicado aos estudantes de Licenciatura em Ciências Biológicas da UFR/MT. Revista Biodiversidade - v.20, n.3, 2021 - pág. 49 - 71.

MEDEIROS, M. O.; ALVES, S. M.; KIMURA, M. T.; SOUZA, E. A. O uso de modelo representativo aplicado no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da UFR/MT de como a seleção natural age sobre as variações genéticas do inseto após o uso de inseticida. Revista Biodiversidade - v.21, n.1, 2022 - pág. 182 – 207.

MEDEIROS, M. O.; ALVES, S. M.; KIMURA, M. T. O uso de representações didáticas como suporte a aprendizagem de probabilidades aplicadas ao estudo da genética no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da UFR/MT. Revista Biodiversidade - v.21, n.2, 2022 - pág. 83 – 109.

MEDEIROS, M. O.; ALVES, S. M.; KIMURA, M. T. Modelo didático aplicado no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da UFR/MT para a compreensão da interação entre a análise combinatória e o estudo genético de uma ninhada de *Athene cunicularia* (coruja-buraqueira). Revista Biodiversidade - v.21, n.3, 2022 - pág. 2 – 25.

MEDEIROS, M. O.; ALVES, S. M.; KIMURA, M. T. Modelo didático aplicado no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da UFR/MT para o estudo de genética de populações ligado ao caso de alelismo múltiplo que envolve a cor da pelagem em coelhos – *Oryctolagus cuniculus*. Revista Biodiversidade - v.21, n.4, 2022 - pág. 2 – 23.

MEDEIROS, M. O.; ALVES, S. M.; KIMURA, M. T. Modelo didático aplicado no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da UFR/MT para interpretação genotípica do tipo sanguíneo deduzido pela sequência hipotética de DNA. Revista Biodiversidade - v.22, n.1, 2023 - pág. 33 – 52.

MEDEIROS, M. O.; ALVES, S. M.; KIMURA, M. T. Aplicação de modelo didático para identificação genética do sexo em tucanos com a utilização de enzima de restrição na análise de sequenciamento de DNA. Revista Biodiversidade - v.22, n.2, 2023 - pág. 80 – 94.

MEDEIROS, M. O.; ALVES, S. M.; KIMURA, M. T. Utilização prática de um modelo didático simulando aplicações do sequenciamento de DNA e sua importância no reconhecimento das relações de parentesco entre bebês recém-nascidos e parturientes. Revista Biodiversidade - v.22, n.4, 2023 - pág. 65 – 86.

MEDEIROS, M. O.; ALVES, S. M.; KIMURA, M. T. Aplicação de modelo didático simulando uma análise de DNA para Investigação da ocorrência da anemia falciforme em um grupo familiar. Revista Biodiversidade - v.23, n.1, 2024 - pág. 63 – 86.

MEDEIROS, M. O.; ALVES, S. M.; KIMURA, M. T. Imagens de autoradiografias dos géis de agarose simulando diagnósticos clínico-moleculares que podem ser aplicados em forma de um modelo didático para contextualizar a influência genética nos fenótipos da visão. Revista Biodiversidade - v.23, n.2, 2024 - pág. 138 – 157.

MOCELIN, B; FERREIRA, P. C. F; CHRISTOFF, A. O. Estudo das causas e fatores relacionados a alopecia: um estudo bibliográfico. Evento de iniciação científica. Anais do EVINCI – Uni Brasil. Curitiba/ PR. 2015.

MORAIS G. H.; MARQUES, R. C. P. A IMPORTÂNCIA DO USO DE MODELOS DIDÁTICOS NO ENSINO DE CITOLOGIA IV CONEDU, João Pessoa, 2017.

NASCIMENTO JÚNIOR, A. F.; SOUZA, D. C. A Confecção e Apresentação de Material Didático-Pedagógico na Formação de Professores de Biologia: O que diz a Produção Escrita? VII Encontro Nacional de pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis, 2009.

ORLANDO, T. C.; LIMA, A. R.; SILVA, A. M.; FUZISSAKI, C. N.; RAMOS, C. L.; MACHADO, D.; FERNANDES, F. F.; LORENZI, J. C. C.; LIMA, M. A.; GARDIM, S.; BARBOSA, V. C.; TRÉZ, T. A. Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de Biologia Celular e Molecular no Ensino Médio por graduandos de Ciências Biológicas. Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular, n. 1, p. 1 – 17, 2009.

PAIXÃO. B. S.; ABREU D. L; SILVA J. A.; SOUSA L. O.; JUNIOR, J. M. L. S.; OLIVEIRA, C. G. Utilização de modelos didáticos como facilitador no ensino de biologia celular Revista de Extensão da UNIVASF, Petrolina, v. 6, n. 1, p. 124-127, 2018.

PERERA, E.; SINCLAIR, R. Alopecia Androgenética. Livro de Tricologia. Atena Editora. 2014.

PEREIRA, F. P. O ensino de genética na educação básica: Revisão Bibliográfica e Produção de Modelos Didáticos. 2019. 55p. Trabalho de Conclusão de Mestrado (Mestrado em Ensino de Biologia) – Universidade Estadual do Piauí. Teresina.

QUAN, Q. D.; SINCLAIR, R. Female pattern hair loss: Current treatment Concepts. Journal clinical Interventions in Aging, 2 (2): 189-199. (2007).

OLIVEIRA, I.; MACHADO, C. C. Calvície e Alopecia Revisão Bibliográfica. Lisboa. (2017).

ROSA, N. T. C. Associação de procedimentos minimamente invasivos e laser de baixa potência no tratamento da alopecia. TCC (Bacharel em biomedicina) - IBMR – Laureate International Universities. Rio de Janeiro, p. 45. 2017.

SANTOS, M. L. W. O uso da **mesoterapia** como tratamento auxiliar para alopecia: Uma Revisão Bibliográfica. Revista Conexão Eletrônica. Três Lagoas, v. 16, n.1, 2019.

SETÚVAL, F. A. R.; BEJARANO, N. R. R. Modelos didáticos com conteúdo de genética e a sua importância na formação inicial de professores para o ensino de ciências e biologia. In: Encontro Nacional de pesquisa em Educação em Ciências, 7, 2009, Florianópolis. Anais... Florianópolis: ABRAPEC, 2009.

SILVA, E, A; PATRICIO, M, E; PAULA, V, B. Terapia Capilar para o tratamento da alopecia androgenética masculina e alopecia Areata. Florianópolis, Santa Catarina. (2012).

SILVA, J. S.; SARAIVA, E. S. The importance of didactic sequence (SD) in environmental education: an experience report at the Monsenhor Boson Full-Time Education Center. Research, Society and Development, 9(6), 1-14. (2020).

SIMPLICIO, P. C. Carboxiterapia no tratamento da alopecia. Goiás. 2004.

SNUSTAD, D. P; SIMMONS, M. J. (2013). Fundamentos da Genética. Cláudia Lúcia Caetano de Araújo [tradução]. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

SOUSA, T. A.; SPÓSITO, R. C. A.; MARISCO, G. A importância de aulas experimentais no entendimento da genética: sistema sanguíneo ABO e fator RH. In: 4 EREBIONE, 2013, UFRN. Anais... Rio Grande do Norte, 2013.

VESTENA, R. F. & LORETO, E. L. S. Representações familiares nos anos iniciais do ensino fundamental: desenhos, genealogias e heredogramas. RBECT-Revista brasileira de ensino de ciências e tecnologia. 9(3), p.1-18. (2016).

VESTENA, R. F, SEPEL, L. M. N., & LORETO, E. L. S. Construção do heredograma da própria família: uma proposta interdisciplinar e contextualizada para o ensino médio. REEC-Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 14 (1), p. 101-118. (2015).

TEMP, D. S. Genética e suas aplicações: identificando o tema em diferentes contextos educacionais. 2014, 165 p. Tese (Doutorado em Educação em Ciências-Química da Vida e Saúde) Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2014.

TEMP, D. S. Facilitando a Aprendizagem de Genética: Uso de um Modelo Didático e Análise dos Recursos Presentes em Livros de Biologia. Dissertação (Mestrado) -Universidade Federal de Santa Maria -UFSM, Rio Grande do Sul -RS, 2011. 85 P.

TEMP, D. S; BARTHOLOMEI-SANTOS M. L. Genética e suas aplicações: identificando o conhecimento presente entre concluintes do ensino médio. Ciência e *Natura*, 2014. v. 36, n. 2, p. 358 –372.

TEMP, D. S.; BARTHOLOMEI-SANTOS, M. L. O ensino de Genética: a visão de professores de Biologia. Revista Científica Schola, v. 2, n. 1, p. 83-95, 2018.

VESTENA, R. F.; SEPEL, L. M. N.; LORETO, E. L. S. Construção do heredograma da própria família: Uma proposta interdisciplinar e contextualizada para o ensino médio. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 2015, v. 14, n. 1, p. 1-16.

VILHENA, N. Q.; PONTES, A. N.; PEREIRA, A. S. S.; BARBOSA, C. V. O.; COSTA, V. M. Modelos didático-pedagógicos: estratégias inovadoras para ensino de biologia. II Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia. Artigo 196. Universidade do Estado do Pará, 2010.

VYGOTSKY, L.S. Psicologia pedagógica. Porto Alegre: Artmed, p.576, 2003.

YANG, L.; CHENG, E.; ÖZSOYOGLU, Z. M. Efficient path-based computations on pedigree graphs with compact encodings, BMC Bioinformatics, Chicago, IL, USA, 2012.