

USO DE MOLDES DE PAPEL NO ENSINO-APRENDIZAGEM DE AMPLIFICAÇÃO DE DNA PELA TÉCNICA DE PCR

Lanusse Andrade Fernandes¹, Cristiane Alves da Fonseca do Espírito Santo², Miriam Marques Leal³, Andréia Juliana Rodrigues Caldeira⁴, Flávio Monteiro Ayres⁵

1. Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Goiás e Mestre em Genética e Biologia Molecular pela Universidade Federal de Goiás. Professora de Ciências e Biologia na rede particular de ensino em Goiânia. lanusse.biologia@gmail.com
2. Mestre em Biologia pela Universidade Federal de Goiás. Docente no curso de licenciatura em Ciências Biológicas e no bacharelado em Farmácia. Universidade Estadual de Goiás - Campus CET, Anápolis.
2. Pedagoga pela UniEvangélica e Especialista pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Docente no curso de licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Goiás - Campus CET, Anápolis.
4. Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás. Docente no curso de licenciatura em Ciências Biológicas e no bacharelado em Farmácia. Universidade Estadual de Goiás - Campus CET, Anápolis.
5. Doutor em Controle de Funções Biológicas pela Niigata University. Docente do Mestrado em Ciências Aplicadas a Produtos para a Saúde. Pesquisador do Laboratório de Pesquisa em Genética, Universidade Estadual de Goiás - Campus Goiânia.

Recebido em: 22/09/2018 – Aprovado em: 23/11/2018 – Publicado em: 03/12/2018
DOI: 10.18677/EnciBio_2018B109

RESUMO

A reação em cadeia da polimerase (PCR) é uma ferramenta versátil e eficaz de amplificação de DNA *in vitro* a partir de um molde de DNA. Por possuir inúmeras utilidades, a aprendizagem da técnica de PCR torna-se indispensável para profissionais das Ciências Biológicas e Ciências da Saúde. As disciplinas mais relacionadas ao ensino dessa técnica na graduação incluem a Biologia Celular, Bioquímica, Genética e a Biologia Molecular. Essas disciplinas contam com crescente número de metodologias e ferramentas para auxiliar no ensino-aprendizagem. Nesse contexto, o presente trabalho visou desenvolver uma ferramenta didática com recorte e colagem em moldes de papel que fosse auxiliar no ensino-aprendizagem da técnica de PCR em sala de aula. O estudo foi realizado na Universidade Estadual de Goiás, Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas (CCET), com turmas de primeiro, segundo e terceiro períodos dos cursos de Ciências Biológicas e Farmácia. Após uma mini-aula expositiva com projeção, uma oficina que descreveu as três etapas da PCR foi aplicada e os alunos simularam com moldes de papel os eventos que ocorrem dentro do tubo de ensaio incubado no termociclador. A coleta de dados foi realizada por aplicação de questionários após a mini-aula e após a oficina. A oficina foi uma profícua ferramenta didática no ensino da técnica de PCR em sala de aula, pois mais da metade dos alunos apresentou resultado positivo, independentemente das disciplinas cursadas ou do conhecimento prévio sobre a técnica.

PALAVRAS-CHAVE: ensino universitário, ferramenta didática, genotipagem.

USE OF PAPER MODELS IN THE TEACHING-LEARNING OF DNA AMPLIFICATION BY PCR METHOD

ABSTRACT

The polymerase chain reaction (PCR) is a flexible and efficient tool to amplify DNA *in vitro* from a template. Because of its many applications, learning PCR is imperative for Biological and Health Sciences professionals. The subjects more related to PCR during undergraduate course are Cellular Biology, Biochemistry, Genetics and Molecular Biology. These subjects have an increasing amount of methodologies and tools to aid in the learning-teaching process. The present study aimed to develop an didactic tool for a PCR class, which requires cutting and pasting paper templates in the learning-teaching. The study was carried out at *Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas* of the *Universidade Estadual de Goiás* with students from the first to the third grades enrolled in the courses of Pharmacy or Biological Sciences. After a short expositive class, an workshop on the three PCR steps was applied by using the paper templates to illustrate the reaction inside the tubes, in the termocycler. Data were collected by a questionnaire after the short expositive class and after the workshop. Considering that more than half of all the students showed successful results, this approach had a fruitful outcome for teaching PCR in class room. Such a result was independent on the previously subjects attended or on the background knowledge by the students.

KEYWORDS: didactic tool, genotyping, university education.

INTRODUÇÃO

A Reação da Polimerase em Cadeia (PCR, do inglês: *Polymerase Chain Reaction*) foi desenvolvida por Kary Mullis e colaboradores da *Cetus Corporation*, em 1983 (MULLIS, 1990). Com a finalidade de amplificar exponencialmente moléculas específicas de DNA *in vitro*, a PCR envolve três etapas de termociclagem: a) desnaturação térmica do DNA molde; b) anelamento dos oligonucleotídeos iniciadores às sequências complementares; e c) extensão dos oligonucleotídeos por uma DNA polimerase altamente termorresistente (SILVA-PEREIRA, 2003). A PCR tem ampla aplicabilidade nas Ciências Biológicas e da Saúde, sendo um rico objeto no processo de ensino-aprendizagem, pesquisa científica e prestação de serviços na Biologia Celular, Genética, Bioquímica e Biologia Molecular (SCHEID; FERRARI, 2008).

A compreensão dos princípios inerentes à PCR, entretanto, é desafiada por barreiras desde a reduzida acessibilidade instrumental, até à falta de acessibilidade metodológica para transmissão de um conteúdo interdisciplinar e complexo (LORBIESKI et al., 2010). Tradicionalmente, as metodologias de ensino-aprendizagem envolvendo as moléculas da herdabilidade, assim como em vários outros conteúdos e disciplinas, se baseiam em cansativas aulas expositivas como modalidade didática (FREIRE, 1998; MORAES et al, 2016). Aulas práticas bem elaboradas despertam o interesse do aluno e podem acelerar o processo de aprendizagem (NICOLA; PANIZ, 2016).

As atividades práticas e experimentais em sala de aula minimizam as dificuldades de aprendizagem e ajudam o aluno a aproximar o conteúdo ministrado à realidade individual (ARAÚJO, 2014). Nesse sentido, o desenvolvimento de materiais paradidáticos motivam o aluno a atuar como sujeito do próprio processo de aprendizagem (PAES; PARESQUE, 2009). Sob os parâmetros da neurociência, a memória seletiva é significativamente influenciada pela motivação e pelo prazer em

aprender (YZQUIERDO, 2010).

O presente estudo teve como objetivo desenvolver uma ferramenta didática eficiente que auxilie no ensino- aprendizagem da técnica da PCR em sala de aula, com recorte e colagem em moldes de papel, conforme uma modificação da atividade desenvolvida por Bonetti et al. (2006).

MATERIAIS E MÉTODOS

Público alvo

O estudo foi realizado entre março e outubro de 2011 na Universidade Estadual de Goiás, *Campus* de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo, localizado na Rodovia BR-153, Km 98, Fazenda Barreiro do Meio, Anápolis/GO. A técnica de amostragem foi por conveniência, incluindo 84 alunos regularmente matriculados nas disciplinas de a) Biologia Celular/Citologia (1º período), b) Genética (2º período) ou c) Biologia Molecular (3º período) dos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas e Bacharelado em Farmácia. Os docentes dessas disciplinas foram previamente contatados e consentiram que fosse aplicado um modelo didático de amplificação de DNA por PCR confeccionado com moldes de papel durante o horário de aula, bem como que fosse seguida a sistemática de avaliação da atividade.

Procedimentos metodológicos

Uma aula sobre histórico, princípios teóricos e aplicabilidades da amplificação de DNA por PCR foi ministrada aos alunos. Em seguida, um questionário foi aplicado, com 16 questões fechadas sobre dados acadêmicos dos alunos e teoria da técnica de amplificação por PCR. A Figura 1 apresenta um fluxograma dos procedimentos realizados. As questões foram elaboradas com o objetivo de avaliar o estágio de inserção dos alunos no curso, disciplinas cursadas que desenvolvam conteúdos correlatos à amplificação de DNA e compreensão dos alunos sobre os conhecimentos correlatos à PCR (Quadro 1).

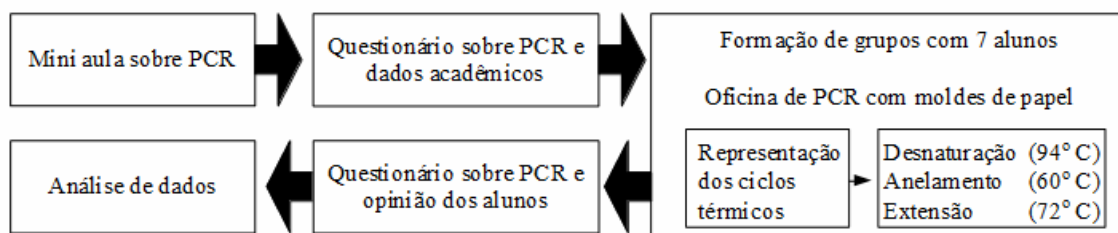


FIGURA 1 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos.

Fonte: imagem elaborada por Flávio Monteiro Ayres.

Para a oficina, grupos com sete alunos receberam moldes de papel (uma fita dupla de DNA com 150 pb, nucleotídeos livres, oligonucleotídeos iniciadores e Taq DNA polimerase), tesoura e cola. A medida que a reação de amplificação *in vitro* foi narrada, alunos simularam: a) desnaturação (94° C), cortando a fita dupla de DNA em duas fitas simples utilizadas nas etapas seguintes; b) anelamento (60° C), colando os oligonucleotídeos na fita simples de DNA mediante complementariedade das bases nitrogenadas; e c) extensão (72° C), colando os oligonucleotídeos livres (dATP, dTTP, dCTP e dGTP) sequencialmente na direção 5' 3', de forma complementar à fita simples de DNA e por ação da Taq DNA polimerase (representada por um dos alunos). Ao final da extensão, cada grupo obteve duas fitas duplas de DNA produzidas a partir de um molde de fita dupla.

QUADRO 1: Relação de perguntas dos questionários aplicados antes (I) e após (II) a oficina de amplificação de DNA por PCR com moldes de papel.

#	Pergunta	Tipo
1	Seu curso de graduação é: () Ciências Biológicas / () Farmácia	I
2	Qual período você está cursando?	I
3	Qual(is) disciplina(s) abaixo você já cursou ou está cursando? () Biologia Celular / () Bioquímica / () Genética / () Biologia Molecular	I
4	Você possui afinidade com as áreas de: () Biologia celular / () Bioquímica / () Genética / () Biologia Molecular / () Nenhuma	I
5	Você possui algum conhecimento sobre amplificação de DNA pela técnica de PCR? () Sim / () Não	I
6	Você já fez amplificação de DNA pela técnica da PCR? () Sim / () Não	I
7	O DNA é: () Composto orgânico cujas moléculas contêm as instruções genéticas que coordenam todos os seres vivos / () É a molécula responsável pela produção de proteínas nas células / () É uma molécula composta por RNA envolvido em histonas	I e II
8	Até meados da década de 80 a amplificação de DNA consistia no método Cohen-Boyer de clonagem molecular que é: () Replicação in vitro do DNA / () Recortar a molécula de DNA e inseri-lo na célula bacteriana / () Recortar a molécula de DNA e inseri-lo na célula de um mamífero	I e II
9	A primeira etapa da PCR é: () Anelamento / () Desnaturação / () Extensão	I e II
10	Os primers são: () Iniciadores da replicação do DNA / () Enzimas responsáveis por recrutar os nucleotídeos e montar a fita dupla de DNA / () Aparelhos onde se realizam os ciclos da PCR	I e II
11	Taq polimerase é: () Uma bactéria / () Uma enzima resistente à altas temperaturas / () Iniciadores da replicação do DNA	I e II
12	Os dNTPs são importantes pois: () São eles que a enzima irá recrutar para montar a fita complementar à fita molde simples / () São íons inorgânicos que agem como cofatores / () São eles que recortam a fita dupla de DNA em duas fitas moldes simples	I e II
13	A etapa em que os primers se ligam às fitas moldes e iniciam a replicação é a: () Desnaturação / () Extensão / () Anelamento	I e II
14	Os elementos necessário para a realização da PCR são: () DNA, primers, dNTPs e ribossomos / () DNA, primers, dNTPs e Mg ²⁺ / () DNA, primers, dNTPs e Ba ²⁺	II
15	A PCR possui várias aplicações, exceto: () A descoberta de novas espécies / () O diagnóstico de doenças infecciosas / () Estudo da evolução de populações	I
16	O nome do aparelho em que a PCR é realizada sem haver riscos de contaminação é: () Centrífuga / () Estufa / () Termociclador	I
17	Essa oficina foi mais interessante que as aulas convencionais? Por quê?	II

Após a oficina, o questionário com questões fechadas sobre a teoria da

técnica de amplificação por PCR foi novamente aplicado aos alunos, acrescido de um espaço para registro de opinião sobre a oficina. Essas questões foram elaboradas com o objetivo de avaliar a compreensão dos alunos sobre os conhecimentos correlatos à PCR e registrar a opinião deles sobre a oficina em relação às aulas convencionais. Os resultados da oficina foram classificados em positivo, neutro e negativo quando o índice de acerto aumentou, permaneceu o mesmo e reduziu após a oficina, respectivamente.

Análise de dados:

Os dados dos questionários foram tabulados para, posterior, análise pelo teste do qui-quadrado, $\alpha = 5\%$ e GL=2 (Parte do Microsoft Office Professional Plus 2010, versão 14.0.6112.5000, Microsoft Corporation).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um total de 84 alunos participou das oficinas, sendo 53 (63%) do curso de Farmácia e 31 (37%) de Ciências Biológicas. Somando os resultados de ambos os cursos, 79,7% dos alunos tiveram resultado positivo ou neutro e os demais 20,3% resultado negativo (Tabela 1). Os 61,9% dos alunos que declararam não ter conhecimento prévio sobre a metodologia de amplificação de DNA por PCR não diferiram significativamente em resultados com aqueles alunos que relataram contato prévio com a técnica ($X^2 = 0,092$). Dessa forma, a mini-aula foi o momento de embasamento para que 28,5% dos alunos alcançassem o resultado considerado neutro, enquanto a oficina incrementou o resultado de outros 51,2% dos alunos. Por isso, o aumento no número de acertos após a oficina evidencia que a oficina somada à mini-aula foi uma ferramenta didática mais eficiente que a mini-aula apenas, inclusive para alunos que desconheciam a técnica de PCR.

TABELA 1: Distribuição dos resultados da oficina.

Dados acadêmicos	Resultado positivo		Resultado neutro		Resultado negativo		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Curso								
Ciências Biológicas	17	20,2	10	11,9	4	4,8	31	36,9
Farmácia	26	31,0	14	16,7	13	15,5	53	63,1
Já conheciam PCR?								
Sim	17	20,2	9	10,7	6	7,1	32	38,1
Não	26	31,0	15	17,9	11	13,1	52	61,9
Cursou Biologia Celular?								
Sim	33	39,3	24	28,6	17	20,2	74	88,1
Não	2	2,4	4	4,8	4	4,8	10	11,9
Cursou Genética?								
Sim	34	40,5	20	23,8	13	15,5	67	79,8
Não	9	10,7	4	4,8	4	4,8	17	20,2
Cursou Bioquímica?								
Sim	4	4,8	3	3,6	0	0,0	7	8,3
Não	39	46,4	21	25,0	17	20,2	77	91,7
Cursou Biologia molecular?								
Sim	2	2,4	2	2,4	0	0,0	4	4,8
Não	41	48,8	22	26,2	17	20,2	80	95,2

Sobre os dados acadêmicos dos alunos, a maioria havia cursado as

disciplinas de Biologia Celular (88,1%) e Genética (79,8%), enquanto uma minoria havia cursado Bioquímica (8,3%) e Biologia Molecular (4,8%). Essas diferenças, entretanto, não são significativas quanto a ter cursado ou não ter cursado Biologia Celular ($X^2= 0,29$), Genética ($X^2= 1,70$), Bioquímica ($X^2= 0,34$) e Biologia Molecular ($X^2= 0,46$), indicando que a oficina e a mini-aula podem ser eficientemente aplicadas, independentemente de quais disciplinas foram cursadas pelos alunos. Apesar disso, os alunos de períodos mais avançados se comportaram de forma mais amadurecida e com maior seriedade que os alunos de primeiro período, tanto na mini-aula, quanto na execução da oficina. Cabe, então, ao professor avaliar o quanto e como essa ferramenta será profícua às turmas de primeiro período.

Vale também ressaltar que a inovação nas práticas de ensino, como proposto, viabiliza a transmissão de conhecimentos complexos sem a obrigatoriedade de recursos sofisticados de laboratório, além de despertar maior interesse por parte do aluno (SANTOS-FILHO, 2011). O desafio do professor inclui, portanto, desenvolver ferramentas que contextualizam o conteúdo com a realidade dos alunos (SILVA et al. 2017). Igualmente, o professor deve deixar claro que apesar da metodologia utilizada ser diferente da tradicional, o conteúdo é tão importante quanto qualquer outro ministrado em sala de aula.

Quanto à opinião sobre a oficina, 79 (94%) dos alunos relataram que a oficina foi mais interessante que uma aula convencional, pois: “foi possível visualizar o processo, o que ajuda na assimilação do conteúdo”, “com a oficina, a aula não fica abstrata, a gente aprende fazendo, colocando a mão na massa. Pra mim, isso ajuda bastante”. A oficina foi, portanto, bem aceita, o que indiscutivelmente ajuda muito no aprendizado. Esses comentários vão de encontro à carência na confecção e utilização de ferramentas criativas no ensino superior, como já observado nos ensinamentos fundamental e médio (SEPEL; LORETO, 2007), por exemplo, pelo uso de dobraduras com papel, filmes, jogos didáticos (BORGES et al. 2016), representações com massa de modelar, softwares (MENDES et al., 2017), entre outros (KLAUTAU-GUIMARÃES et al. 2008; DENTILLO, 2009; PAES; PARESQUE, 2009).

Recursos, como jogos didáticos, ajudam na construção de conhecimento, principalmente em relação a temas que, para serem entendidos, necessitam de uma maior capacidade de abstração e de conhecimentos prévios. Essas estratégias alternativas de ensino-aprendizagem proporcionam ganho substancial de conhecimento conceitual por parte dos alunos, além de diminuir os equívocos relativos ao assunto abordado e auxiliarem na fixação do conteúdo (CAPELLI; NASCIMENTO, 2011; KLAUTAU-GUIMARÃES, 2012; PINHEIRO et al. 2015).

CONCLUSÃO

A aula expositiva associada à oficina foi uma ferramenta didática eficiente no auxílio do ensino-aprendizagem da técnica de PCR em sala de aula. O parâmetro quantitativo de avaliação indicou que 51,2% dos alunos tiveram incremento na produtividade quando calculada a diferença entre as notas do questionário aplicado após a aula expositiva e após a oficina. Essa estratégia foi uma ferramenta auxiliar eficiente, independentemente das disciplinas cursadas pelos alunos. Isso dá liberdade para que o professor aplique a oficina quando julgar necessário sem se preocupar com as disciplinas que seus alunos já cursaram. O fato de o aluno ter conhecimento prévio sobre a técnica de PCR não influenciou significativamente nos resultados da oficina. Assim, a aplicação da oficina pode ser desarticulada de pré-requisitos do conteúdo, corroborando com a aula expositiva como uma eficiente

ferramenta de nivelamento.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, P.F.C. **A psicopedagogia seria uma possibilidade para o enfrentamento das dificuldades de aprendizagem?** Universidade Metodista de São Paulo, 2014.

BONETTI, A. M.; VIEIRA, C. U.; SIQUIEROLI, A. C. S. Amplificação de DNA: Atividade para sala de aula. **Genética na escola**, v. 1, n. 2, p. 63 – 65, 2006. Disponível em http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_a0699bd9e2ec4fdc8684984fb1c009be.pdf

BORGES, E.E.; ALMEIDA, M.M.B.; LIMA, I.B.; SOUSA, P.H.M. Trilha das funções orgânicas: um jogo didático para o ensino de química. **Conexões - Ciência e Tecnologia. Fortaleza/CE**, v. 10, n. 4, p. 133 - 140, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.21439/conexoes.v10i4.1026>. Doi: 10.21439/conexoes.v10i4.1026

CAPELLI, L.P.; NASCIMENTO, R. M. P. Citogenética Molecular – um modelo didático que explica a técnica de hibridação genômica comparativa baseada em array (aCGH). **Genética na escola**, v. 6, n.1, p.68 -79, 2011. Disponível em: http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_8496f7454ead4544bcf28df10c0a9395.pdf

DENTILLO, D. B. Divisão celular: Representação com massa de modelar. **Genética na escola**, v. 3, n. 3, p. 33 – 36, 2009. Disponível em: http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_756dee0c09c94cf89e6f1fc9f94dcc0b.pdf

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra. 1998.

KLAUTAU-GUIMARÃES, M.N.; OLIVEIRA, S.F.; AKIMOTO, A.; HIRAGI, C.; BARBOSA, L.S; et al. Combinar e recombinar com os dominós. **Genética na escola**, v. 3, n. 2, p. 1 – 7, 2008. Disponível em: http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_c186d47c26474e88be54094c5aa0ba9e.pdf

KLATAU-GUIMARÃES, M. N. Detetives do DNA no ensino da graduação. **Genética na escola**, v. 7, n. 1, p. 24-26. 2012. Disponível em: http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_3d932412186e4583b05843a6cf08f67f.pdf

LORBIESKI, R.; RODRIGUES, L. S. S.; GRÉGIO d'ARCE, L. P. O jogo da meiose e das segregações cromossômicas e alélicas. **Genética na escola**, v. 5, n. 1, p. 25-33, 2010. Disponível em: http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_ea3ed8913d6b459f9afa779ce28a5877.pdf

MENDES, A.; SANTANA, G.; PESSOA-JÚNIOR, E. O uso do software PhET como ferramenta para o ensino de balanceamento de reação química. **Revista Areté | Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, v. 8, n. 16, p. 52-60,2017. Disponível em: <http://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/view/167>.

MORAES, G.N.B.; SCHWINGEL, P.A.; SILVA-JÚNIOR, E.X. Uso de roteiros didáticos

e modelos anatômicos, alternativos, no ensino-aprendizagem nas aulas práticas de anatomia humana. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, v. 11, n.1, p. 1-8, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.21723/riaee.2016.v11.n1.p223>>. Doi: 10.21723/riaee.2016.v11.n1.p223

MULLIS, K. B. **The unusual origin of the Polymerase Chain Reaction**. Scientific American. April, 1990.

NICOLA, J.A.; PANIZ, C.M. A importância da utilização de diferentes recursos didáticos no ensino de biologia. **InFor - Inovação e Formação - Revista do Núcleo de Educação a Distância da Unesp**, v. 2, n. 1, p.355-381, 2016. Disponível em: <<https://ojs.ead.unesp.br/index.php/need/article/download/InFor2120167/pdf>>

PAES, M. F.; PARESQUE, R. “Jogo da memória: Onde está o gene?”. **Genética na escola**, v. 4, n. 2, p. 26 – 29, 2009. Disponível em: <http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_a52c6de435664db78feb2973baae8d64.pdf>

Pinheiro, I.A.M.;Souza, A.D.M.;Moreira, E.F.;Bertini, L.M.; Fernandes, P.R.N.; Alves, L.A. **ELEMENTUM - Lúdico Como Ferramenta Facilitadora Do Processo De Ensino-Aprendizagem Sobre Tabela Periódica**. **Holos** . v. 8, p. 80-87, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.15628/holos.2015.3647>>. Doi: 10.15628/holos.2015.3647

SANTOS-FILHO, F. S. Eletroforese: uma importante ferramenta da genética. **Genética na escola**, v. 6, n. 2, p. 43-45, 2011. Disponível em: <http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_ed662135fd1045e59565e6b59f2d5075.pdf>

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N. A história da ciência como aliada no ensino de genética. **Genética na escola**, v. 1, n.1, p. 17 – 18, 2006. Disponível em: <http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_6418c0f6af7d445bbd186c47852833e5.pdf>

SEPEL, L. M. N.; LORETO, E. L. S. Estrutura do DNA em origami – possibilidades didáticas. **Genética na escola**, v. 2, n.1, p. 3 – 5, 2007. Disponível em: <http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_be3a8877c548475693beac19bf6ee644.pdf>

SILVA, F. R.; ARANDAS, M.J.G.; MARINHO, K.S.N.; LIMA-JUNIOR, N.B.; ANDRADE, M.F.; et al. Experimentação em ciências: verificando a relação entre a teoria e a prática no ensino de genética em uma escola pública no município de Vitória de Santo Antão – PE. **Revista Ciência em Extensão**, v.13, n.3, p.160-170, 2017. Disponível em <http://ojs.unesp.br/index.php/revista_proex/article/viewFile/1572/1423>

SILVA-PEREIRA, I. **Amplificação de DNA pela técnica de PCR**. In: AZEVEDO, M. O.; FELIPE, M. S. S.; BRÍGIDO, M.M.; MARANHÃO, A. Q.; DE-SOUZA, M. T. Técnicas básicas em Biologia Molecular, Brasília: Editora Universidade de Brasília, p. 99 – 110. 2003.

YZQUIERDO, I. 2010. **A Arte de Esquecer – Cérebro e Memória**. Vieira e Lent. Rio de Janeiro, 2010.