

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Biociências – Comissão de Graduação
Licenciatura em Ciências Biológicas
Trabalho de Conclusão de Curso

Fernando dos Santos Mendonça

**AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DE VIDEOAULA SOBRE POTENCIAIS
DE MEMBRANA COMPARADO AO TEXTO DIDÁTICO**

Porto Alegre
2018

Fernando dos Santos Mendonça
smfernando@outlook.com.br

**AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DE VIDEOAULA SOBRE POTENCIAIS
DE MEMBRANA COMPARADO AO TEXTO DIDÁTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Denise M. Zancan
Coorientadora: Prof^ª Dr^ª Renata Menezes Rosat

Porto Alegre
2018

À minha família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que contribuíram e me apoiaram, desde o momento em que decidi cursar Ciências Biológicas, até a avaliação do meu trabalho de conclusão de curso. De forma especial, agradeço aos meus pais Abel e Beatriz, que são desde o início os principais incentivadores, e alicerces na minha vida.

Agradeço a todos os demais familiares que estiveram presentes neste percurso, especialmente minha tia, irmãos e primos. O amor, atenção e a disposição de vocês foi, e é, essencial. Ressalto aqui também, notadamente, minha namorada, que juntamente com toda a família formam parte fundamental da minha vida.

Faço meu agradecimento aos professores e funcionários da Universidade, sem os quais minha formação não seria possível. Aos professores que com prontidão aceitaram avaliar este TCC. E por fim, destaco de forma muito especial aqueles que dedicaram com carinho, seu tempo e disposição para orientar este trabalho, a professora Denise Zancan e a co-orientadora, professora Renata Rosat.

A todos vocês, meu sincero e fraterno agradecimento

Muito obrigado!!

RESUMO

A ideia deste artigo surge da expansão das novas tecnologias e mídias digitais voltadas para a educação, como as videoaulas, somada à intenção de avaliar sua eficácia em comparação à leitura de textos didáticos. Este trabalho inclui um questionário para identificar o conteúdo mais difícil entre as matérias de fisiologia comparada I e biofísica, o que justificou a ideia da videoaula sobre potenciais de membrana. Por meio da aplicação de pré- e pós-teste em pré-vestibulandos, divididos em dois grupos, os que leram um texto e os que assistiram uma videoaula, foi aferida a eficiência destas mídias. São discutidas as possíveis vantagens ou desvantagens dessa ferramenta digital. Os resultados apontam para uma diferença significativa entre o pré- e o pós-teste após o estudo tanto com o texto como com a videoaula. Também foi encontrada uma diferença significativa entre os dois grupos, sendo o grupo que estudou com a videoaula apresentou maior média de acertos no pós-teste. Os resultados da avaliação supracitada reforçam a proposta de fomentar o uso dos recursos digitais, como as videoaulas, com intuito de contribuir para que o processo de ensino e aprendizagem seja mais eficaz.

Palavras-chave: Potenciais de membrana; potencial de repouso, potencial de ação; videoaula; avaliação; texto didático; recursos didáticos

LISTA DE FIGURAS E TABELA

Figura 1. Respostas dos alunos do curso de ciências biológicas da UFRGS ao questionário.....	09
Tabela 1. Escores dos pré- e pós-testes de cada um dos grupos que leram o texto e que assistiram a videoaula.....	10
Figura 2. Média de acertos obtidos nos pré-testes e pós-testes realizados pelos alunos que leram o texto ou assistiram a videoaula.....	11

SUMÁRIO

1. Introdução.....	01
2. Material e métodos	
Questionário.....	03
Pesquisa sobre vídeo de aulas na internet.....	04
Elaboração do texto para a videoaula.....	05
Elaboração das imagens da videoaula.....	05
Teste para validação da videoaula.....	06
Análise estatística.....	08
3. Resultados	
Questionário inicial.....	08
Testes sobre as videoaulas e o texto.....	09
4. Discussão.....	11
5. Referências bibliográficas.....	15
6. Apêndice A- Questionário inicial.....	17
7. Apêndice B - TCLE para questionário inicial da pesquisa.....	19
8. Apêndice C – TCLE para avaliação da videoaula e do texto.....	21
9. Apêndice D – Texto sobre potenciais de membrana.....	23
10. Apêndice E - Questões do pré-teste.....	34
11. Apêndice F – Questões pós-teste.....	36

INTRODUÇÃO

Muitas práticas pedagógicas, ainda estão centradas no professor, como o detentor de todo o conhecimento, mobilizando uma postura onde o fluxo de conhecimento é quase unidirecional. Em contrapartida, atualmente também existem oportunidades para os alunos receberem informações de diversos meios, em destaque a Internet como uma das fontes mais comuns. As videoaulas ocupam um espaço de destaque neste cenário atual. Atualmente, devido principalmente à acessibilidade que os conteúdos possuem e a difusão das tecnologias utilizadas para navegar por estas informações, o aluno tem acesso a uma carga distinta de conhecimentos e passa a dispor de apurada dinamicidade no estudar.

A experiência de ensinar neurociência a estudantes de medicina por muitos anos relatada por alguns autores (TEYLER & VONEIDA, 1992; CARDOZO, 2016) identificou duas áreas particularmente difíceis para os alunos dominarem. A primeira é a anatomia das estruturas do sistema nervoso central e a segunda é os fenômenos fisiológicos variantes no tempo, como por exemplo, fluxos de íons. Nas ciências biológicas, uma área de estudo, que é considerada, em geral, especialmente difícil para aprendizagem é precisamente a parte inicial do estudo sobre sistema nervoso: as alterações dinâmicas dos fluxos de íons através das membranas dos neurônios. E é justamente a propagação destas alterações iônicas que são responsáveis pela manifestação dos nossos comportamentos! Então temos que conhecê-los. Considerando a diversidade de alunos que existem em sala de aula, com formações prévias distintas e respostas diferentes aos métodos de ensino, é importante que os professores tenham a sua disposição diferentes recursos para a abordagem de conteúdos especialmente complexos. GUY (2012) aponta que qualquer pessoa que ensine neurofisiologia está ciente dos conceitos que os estudantes acham difíceis de aprender, no entanto, pode enfrentar um problema maior, que é o desenvolvimento de equívocos que podem ser difíceis de mudar, como por

exemplo, que os potenciais de ação passam diretamente pelas sinapses químicas. O autor sugere que um meio para escapar destas dificuldades poder ser apropriar-se, também, do ensino através da internet.

O ensino a distância e a utilização da internet para estudo e pesquisa tem sido prática cada vez mais constante na vida dos estudantes e professores. É levantada a hipótese (TEYLER & VONEIDA, 1992; CARDOZO, 2016) de que matérias que variam no espaço e no tempo, como por exemplo, os potenciais de membrana, podem ser mais eficazmente comunicadas por imagens visuais que transmitem a informação de maneira mais dinâmica. Com uma presença significativa entre os estudantes, as videoaulas, que podem ser assistidas através do aparelho celular, em casa ou no até mesmo no ônibus e são uma opção para complementar o estudo de forma interativa e eficaz. Com as vantagens que as videoaulas possuem como ferramenta auxiliar, é notório o crescimento tanto da quantidade de videoaulas disponíveis quanto das exigências por material de qualidade.

Fazendo um levantamento na Internet sobre videoaulas existentes sobre este tópico em português, encontramos muitas aulas filmadas, com o instrutor explicando em um quadro ou, então, narrações sem a presença visual do instrutor. As narrações vinham acompanhadas por sucessão de imagens paradas ou com animações. A nossa proposta é utilizar recursos acessíveis e investir na qualidade do texto a ser narrado (que será disponibilizado juntamente com o vídeo), o qual deve ser mais leve, menos cansativo, muito mais didático que as narrações que encontramos nos vídeos disponíveis na internet. Há trabalhos que demonstraram não haver diferença na aprendizagem dos alunos se os vídeos estiverem repletos de animações ou apenas sucessão de imagens paradas (DALY et al. 2016), pois o texto deve ser considerado a principal parte. Quando há uma preocupação quanto ao texto da narração que acompanha as imagens, a qualidade de uma videoaula melhora.

Em trabalho anterior, quando professores e monitores do Departamento de Fisiologia (ICBS, UFRGS) compararam duas metodologias

de ensino, videoaula e texto impresso com figuras sobre um tema de neurofisiologia considerado difícil por alunos da área da saúde (“núcleos da base”), foi encontrado que ambos os recursos foram eficientes para a aprendizagem (avaliada por comparação entre pré- e pós-testes), mas com uma vantagem significativa para aqueles que utilizaram a videoaula individualmente (ROSAT et al., 2014). Um dado importante obtido é que não houve diferença significativa quanto à satisfação e à percepção de aprendizagem entre as duas metodologias (leitura e vídeo), desde que o conteúdo (texto e figuras) fosse abordado com a mesma clareza e didática em ambos instrumentos. Então, considerando que a videoaula é um recurso que facilita a aprendizagem, se o seu texto for elaborado com a mesma preocupação como se procura ter para as imagens, os alunos terão acesso a uma ferramenta de valor inestimável.

Objetivos

Elaborar um videoaula sobre tópico de aulas biológicas considerado de difícil compreensão pelos alunos de graduação da área biológica.

Avaliar a eficácia das videoaulas sobre potenciais de membrana de forma comparada ao texto didático referente ao assunto, visando produzir um material de qualidade para o uso de alunos e professores (a videoaula mais o texto didático), para auxiliar o estudo dos alunos de graduação e as monitorias das disciplinas correspondentes.

MATERIAL E MÉTODOS

Questionário

A primeira etapa deste trabalho constitui-se da realização de um questionário com alunos do curso de ciências biológicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Foram entrevistados 30 alunos de

diversas etapas do curso, mas que já haviam cursado as disciplinas de biofísica e fisiologia comparativa I, do curso de ciências biológicas. A amostra foi composta de 15 alunos que cursavam licenciatura e 15 alunos do bacharelado em ciências biológicas. O intuito da entrevista foi verificar a opinião deles sobre os temas, dentre os conteúdos das disciplinas de biofísica e de fisiologia comparativa I, os quais eles encontravam maior dificuldade (Apêndice A). As entrevistas foram feitas ao final de uma única aula da disciplina de zoologia. O termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice B) foi lido, primeiramente em voz alta e depois entregue a eles, em seguida aqueles que se propuseram a responder o questionário, receberam-no impresso.

Pesquisa sobre vídeo de aulas na Internet

Após analisar os resultados das entrevistas, foi feita uma pesquisa na *Internet* procurando analisar a qualidade e o grau de dificuldade das videoaulas em português sobre o assunto mais apontado como difícil pelos alunos entrevistados. Alguns dos vídeos pesquisados estão relacionados logo abaixo (aparentemente os mais relevantes):

[https://www.youtube.com/watch?v=Gh_qfNypAZY;](https://www.youtube.com/watch?v=Gh_qfNypAZY)

[https://www.youtube.com/watch?v=IrxN5CDLPfM;](https://www.youtube.com/watch?v=IrxN5CDLPfM)

[https://www.youtube.com/watch?v=EN2YFUZuycU;](https://www.youtube.com/watch?v=EN2YFUZuycU)

[https://www.youtube.com/watch?v=sOSdF_xS-2Y;](https://www.youtube.com/watch?v=sOSdF_xS-2Y)

[https://www.youtube.com/watch?v=lvO9FD14_aY;](https://www.youtube.com/watch?v=lvO9FD14_aY)

A partir de uma análise dos vídeos assistidos, foram feitos alguns levantamentos de características positivas e negativas, em geral, dos vídeos, para orientar na construção da videoaula. Entre as características positivas, que merecem ser mantidas, se destacaram: explicações corretas, dinamicidade, qualidade do áudio. Os aspectos negativos dos vídeos existentes sobre o assunto abordado (potências de membrana/potenciais de ação) foram: falta de exemplos, ausência de contexto para compreender a

importância do assunto, explicações longas e maçantes, ausência de um texto para acompanhar ou indicações de referências onde se pode buscar mais informações.

Elaboração do texto para a videoaula

A primeira etapa da elaboração da ferramenta de ensino foi o texto para a videoaula. O texto foi elaborado sobre potenciais de membrana, dividindo-o em três partes: (a) introdução - homeostase, água e membrana celular; (b) potencial de repouso; (c) potencial de ação. Para escrevê-lo utilizamos o texto *Origem dos potenciais elétricos das células nervosas* (QUILLFELDT, 2005), o livro *Princípios de Neurociência* (KANDEL et al., 2014) e o livro *Neurociências: Desvendando o Sistema Nervoso* (BEAR et al., 2017). A quantidade de exemplos ou analogias, a transdisciplinaridade, e a qualidade explicativa foram os principais critérios utilizados na escolha da bibliografia.

Elaboração das imagens da videoaula

A construção da videoaula, foi pensada para ser um recurso de custo reduzido, de livre acesso e que pudesse ser replicado com certa facilidade. A primeira versão das videoaulas começou a ser inteiramente produzida através do programa Adobe After Effects®, sendo visualmente muito bonita e bastante dinâmica, entretanto, duas dificuldades que foram surgindo, exigiram que fosse mudado a forma do vídeo a ser produzido. A primeira desvantagem que surgiu foi a dificuldade em editar e o tempo necessário para concluir um vídeo, a segunda, que de certa forma é consequência desta primeira desvantagem, foi que quanto mais trabalhoso foi se tornando o vídeo mais difícil ele ficaria para ser reproduzido.

Desta maneira o novo formato pensado foi produzir uma videoaula semelhante às feitas pelo canal “Me salva!” do youtube

(<https://www.youtube.com/user/migandorffy>), onde uma câmera fixa grava uma folha branca em que o locutor vai desenhando as suas explicações. Após serem gravados os vídeos dessa forma, foi percebido algumas inconveniências, como, por exemplo, o tempo gasto para desenhar e escrever deixavam o vídeo meio lento em alguns momentos e as edições exigiam que tudo fosse desenhado novamente, para corrigir algum pequeno equívoco.

Por fim, a partir das experiências anteriores, foi feita a última versão da videoaula, onde se utilizou o mesmo princípio da câmera parada filmando, todavia, ao invés de desenhar no momento, foram utilizadas imagens impressas num papel de boa qualidade para ilustrar as explicações, utilizando as mãos do narrador para fazer a animação delas. Para produzir este terceiro e último formato de videoaula, foram selecionadas algumas imagens disponíveis na internet que ilustravam de maneira mais coerente o texto. Após a seleção das imagens, iniciamos a fase da filmagem. Para a filmagem foi utilizado um aparelho celular com câmera e um suporte de metal com 30 centímetros de altura para manter o celular na mesma posição durante as gravações. Uma folha de ofício branca a4 foi o plano de fundo escolhido e as imagens selecionadas foram impressas em folha super a3 colorida, usando papel couchê. As imagens foram recortadas e o recurso que as animou durante o vídeo foram as próprias mãos do narrador que as deslocavam para dentro e para fora da cena. Para as falas do vídeo nós utilizamos o texto produzido anteriormente (Apêndice D). Por fim, para a edição do vídeo, utilizamos o programa Adobe After Effects[®], onde reunimos as partes do vídeo e clareamos a imagem. O programa Windows Movie Maker[®] foi utilizado para editar os áudios e reuni-los aos vídeos.

Teste para validação da videoaula

Nesta etapa, planejamos como testar a qualidade e eficiência da videoaula que construímos. Elaboramos, então, um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice C), um pré-teste (Apêndice E) sobre o conteúdo do vídeo e um pós-teste (Apêndice F). O pré-teste sobre o

conteúdo do vídeo continha 7 questões objetivas e o pós-teste continha 9 questões objetivas. O objetivo inicial do presente trabalho era testar com alunos da primeira etapa de cursos da área biológica, ou que ainda não tivessem cursado disciplinas de biofísica ou de conteúdo similar. Como a elaboração do vídeo demorou um tempo maior que o esperado, considerando que foram testadas três formas distintas para a sua construção, a videoaula ficou pronta na fase final do semestre e, não conseguimos disciplinas cujos docentes responsáveis pudessem disponibilizar tempo para os seus alunos realizarem os testes.

A solução foi testar com alunos fora da UFRGS. Escolhemos uma turma de 19 alunos, com idades entre 17 e 22 anos, de um curso popular (sem mensalidade) preparatório para o vestibular (Cachoeirinha, RS), que ainda não tinham estudado este assunto, para realizar o teste. Foi explicada a atividade de forma conjunta para a turma, em seguida o termo de consentimento livre e esclarecido foi lido em voz alta para eles e entregue para ser assinado. Separamos a turma pela lista de chamada; os 10 primeiros nomes foram convidados a se dirigirem para a sala auxiliar, ao lado da sala principal, os demais alunos permaneceram nos seus lugares. Uma pessoa responsável permaneceu em cada sala passando as instruções e tirando dúvidas que poderiam surgir. Foram entregues, primeiramente, uma folha de ofício para cada aluno em ambas as salas. O pré-teste foi projetado na tela do data show em cada uma das salas, sendo pedido para os alunos marcarem à caneta apenas as letras correspondentes às questões que eles acreditavam ser as corretas. Juntamente com as questões havia uma última pergunta de múltipla escolha onde eles poderiam anotar as letras correspondentes sobre suas condições de saúde, como no exemplo que segue: Como você está? A) Com sono. B) Gripado. C) Com dor de cabeça. D) Bem de saúde. Ao final do teste que levou um pouco mais de 10 minutos, ambos os grupos de alunos que estavam nas diferentes salas assistiram, projetadas nas telas dos data-shows, a primeira parte da videoaula (introdução: homeostase, água e membrana celular), o vídeo foi assistido uma única vez nas turmas. Após este momento, os alunos da sala principal (9 alunos)

assistiram uma vez, também, os outros dois vídeos restantes (9 minutos cada) que completam a videoaula. Enquanto isso o outro grupo, que foi para outra sala, recebeu o texto usado nos vídeos, com figuras. O tempo disponibilizado para o grupo que leu o texto foi o mesmo que para o grupo que assistiu aos vídeos, 20 minutos. Não foi permitido pausar ou anotar nenhuma informação, assim como para o grupo que utilizou o texto com gravuras, não foi permitido anotarem nenhuma informação. Após este momento, cada aluno recebeu novamente uma folha e as questões do pós-teste foram projetadas (da mesma forma que o pré-teste) e foram passadas instruções iguais às do pré-teste, onde anotariam apenas as letras correspondentes às questões que eles acreditavam ser as corretas. Após o término do pós-teste, foram recolhidas todas as folhas com respostas e os alunos foram liberados.

Análise Estatística

Para avaliar os dados, foi utilizado o teste t de Student pareado para análise entre os valores obtidos (convertidos para um total de 10 questões) do pré-teste comparado com o pós-teste em cada grupo, o teste Mann-Whitney (não-paramétrico) para analisar os pré-testes entre os grupos e os pós-testes entre os grupos, já que os dados não obedecem uma distribuição normal. Utilizamos um nível de confiança de 95%.

RESULTADOS

Questionário inicial

No questionário realizado com os 30 alunos do curso de ciências biológicas, as respostas à primeira questão (“Tendo concluído a cadeira de fisiologia animal comparada I e de biofísica, dentre os conteúdos apresentados durante os respectivos semestres, qual(ais) foi(foram) o(s)

mais difícil(eis) de compreender?”) apontaram os conteúdos de potenciais de membrana e endocrinologia como os mais difíceis.

Das respostas obtidas, 40% dos alunos apontaram os potenciais de membrana como assunto em que têm maior dificuldade (Fig. 1). 53,33% dos alunos que responderam ao questionário apontaram os potenciais de membrana como assunto de maior interesse e 15 % relataram no espaço destinado aos comentários (o comentário era opcional, nem todos o fizeram), que não conseguiam relacionar com o cotidiano o conteúdo de potenciais de membrana ou achavam o tema abstrato demais.

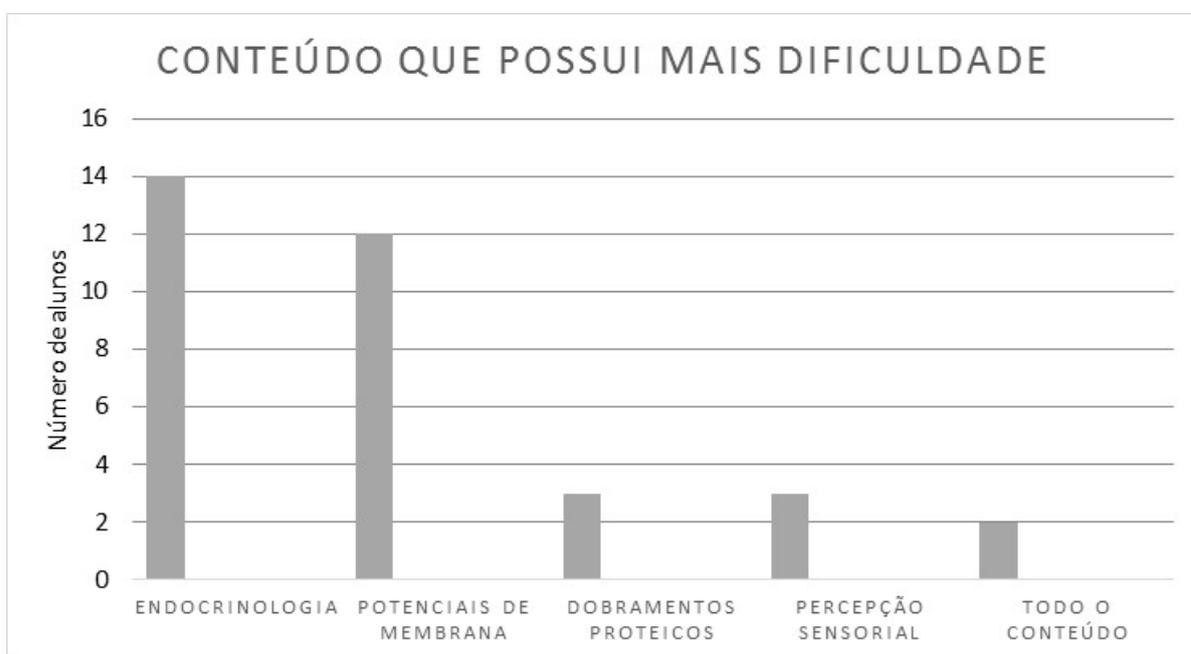


Figura 1. Respostas dos alunos do curso de ciências biológicas da UFRGS à pergunta: “Tendo concluído a cadeira de fisiologia animal comparada I e de biofísica, dentre os conteúdos apresentados durante os respectivos semestres, qual(ais) foi(foram) o(s) mais difícil(eis) de compreender?”

Testes sobre as videoaulas e o texto

Os pré-testes realizados, contendo sete questões objetivas de duas ou quatro alternativas, resultaram em uma média de acertos de 4,04 para o grupo texto e uma média de 2,66 acertos para o grupo videoaula. O pós-teste realizado, contendo 9 questões de duas ou quatro alternativas, apresentou

uma média de 5,36 acertos para o grupo texto, enquanto a média do grupo videoaula para o pós-teste foi de 6,55 acertos.

Os escores obtidos no pós-teste pelos alunos do grupo texto foram significativamente superiores aos escores do pré-teste realizado pelos mesmos alunos (teste t-pareado, $p < 0,03$). Os resultados dos pós-testes feitos pelos alunos do grupo videoaula foram ainda mais superiores que os escores do pré-teste destes mesmos alunos (teste t-pareado, $p < 0,001$). Apesar de alguns escores do pré-teste do grupo de alunos que leu o texto serem maiores que os alcançados no pré-teste pelos alunos do grupo videoaula, as médias não diferiram significativamente (teste t Mann-Whitney, $p = 0,074$). Por fim, a análise dos escores obtidos nos pós-testes, comparando entre o grupo texto e o grupo videoaula, revelou que a média de acertos do grupo videoaula foi superior à média do grupo texto (teste t Mann-Whitney, $p < 0,03$). A Figura 2 ilustra estas comparações.

Tabela 1. Escores dos pré- e pós-testes de cada dos grupos que leram o texto e que assistiram a videoaula

	Texto – pré-t n=10	Texto – pós-t n=10	Vídeo – pré-t n=9	Vídeo – pós- n=9
1	1.4300	5.0000	2.8600	5.5000
2	2.8600	6.6700	2.5000	6.6700
3	3.9300	5.8300	0.3600	4.4400
4	1.7900	4.1700	4.2900	7.2000
5	4.2900	4.4400	4.6400	7.2000
6	4.6400	6.3900	3.2000	7.7000
7	3.9300	4.4400	2.8600	7.5000
8	6.0700	6.6700	1.4300	5.5000
9	4.2900	3.3300	1.7900	7.2000
10	7.1400	6.6700	--	--

Média ±	4.037	5.361	2.659	6.546
DP/EP	1.748/0.553	1.238/0.391	1.348/0.449	1.127/0.376
Mediana		5.415		7.200
IQ(25-75)		4.440 - 6.670		5.500 - 7.275

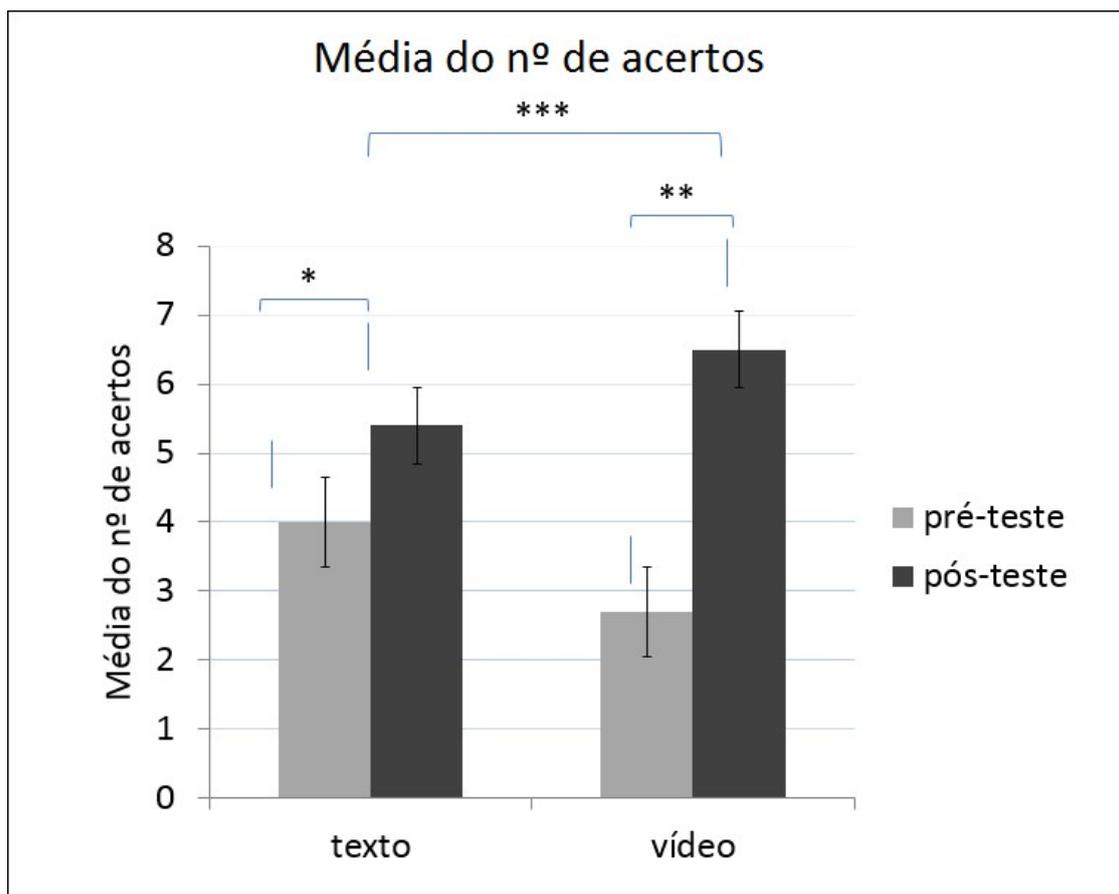


Figura 2. Média de acertos obtidos nos pré-testes e pós-testes realizados pelos alunos que leram o texto ou assistiram a videoaula. (*) Diferença significativa entre pré- e pós-teste no grupo texto (teste t-pareado, $p < 0,03$); (**) diferença significativa entre pré- e pós-teste no grupo videoaula (teste t-pareado, $p < 0,001$); (***) diferença significativa entre as médias de acertos nos pós-testes dos dois grupos (teste Mann-Whitney, $p < 0,03$). A média dos pré-testes entre o grupo texto e videoaula não diferiram significativamente.

DISCUSSÃO

O questionário realizado com os alunos do curso de Ciências Biológicas para identificar a matéria com maior dificuldade revelou ser a endocrinologia o conteúdo de maior dificuldade. O segundo tema apontado como mais difícil foi potenciais de membrana. A decisão para a escolha deste tema para a videoaula levou em conta os comentários feitos pelos alunos entrevistados. Potenciais de membrana foi apontado como o assunto de maior interesse entre os alunos, mas também foi o único apontado nos comentários como assunto difícil de ser contextualizado ou como sendo abstrato demais. Por esses motivos, “potenciais de membrana”, incluindo potenciais de repouso e de ação, foi considerado o assunto mais relevante para trabalharmos.

Atualmente, as videoaulas nas plataformas online são uma tendência, quer seja pela praticidade, quer seja pelo alcance (difusão) ou pela disponibilidade de acesso e por isso, cada vez mais servem como ferramenta de propagação de conhecimento. A dificuldade dos alunos em ler e interpretar textos, pode ser também, um dos motivos pelo qual as videoaulas tem se difundido tão rapidamente, sendo utilizada como ferramenta auxiliar no estudo.

Na última versão da videoaula, foram unidos os principais elementos identificados como importantes nos vídeos já existentes assistidos sobre o tema “potenciais de membrana” e na bibliografia consultada, que são: uma maior dinamicidade (não há tempo gasto desenhando), boas ilustrações, um texto de qualidade, um bom áudio, exemplos, analogias e transdisciplinaridade. Entretanto, é importante ressaltar que alguns elementos podem melhorar, como, por exemplo, a forma com que a animação acontece, ao invés das mãos do narrador moverem as figuras numa gravação constante, poderia ser feito uma sequência de fotos onde apenas as imagens aparecem deslocando-se. Não se optou por realizar desta forma porque exigiria uma grande precisão no momento de sincronizar os áudios.

A diferença significativa entre os pós-testes, ainda que ambos possuíssem o mesmo texto (escrito para um grupo e narrado em outro),

aponta para uma maior eficácia na aprendizagem quando o conteúdo é associado a estratégias dinâmicas, como, por exemplo, em um vídeo ou numa aula bem planejada, associada com alguma atividade prática, o que corrobora o valor que vem sendo atribuído a videoaulas (MAYER, 2005).

Quando a mensagem conta com pouca articulação por parte de quem a transmite, sendo passada com carência de recursos gráficos, poucos exemplos e analogias e sem ao menos uma certa transdisciplinaridade, os alunos acabam por mostrar maior dificuldade de aprendê-la, exigindo uma elevada carga cognitiva extrínseca e maiores esforços de abstração, conforme expôs Mayer (2001), que divide a aprendizagem multimídia, em três pressupostos: **o pressuposto do canal duplo**, no qual o ser humano possui canais de processamento de informação separados (visual e verbal); **o pressuposto da capacidade limitada** (limitação no processamento de informação em cada canal); e **o pressuposto de aprendizagem ativa** no qual a aprendizagem requer um processamento cognitivo essencial em ambos os canais.

O vídeo une estimulação visual, linguagem falada, linguagem musical e escrita. Linguagens que interagem sobrepostas, interligadas, somadas, não separadas; “somos atingidos por todos os sentidos e de todas as maneiras. O vídeo nos seduz, informa, entretém, projeta em outras realidades (no imaginário), em outros tempos e espaços” (MORAN, 1995, p. 27). Daí a sua força. Lévy (1993) destaca a importância da utilização da multimídia na educação. O autor salienta que o conhecimento é mais facilmente apreendido e retido quando a pessoa se envolve mais ativamente no processo de aquisição de conhecimento. Portanto, graças à característica reticular e não-linear da multimídia interativa, a atitude exploratória é bastante favorecida. “É, portanto, um instrumento bem adaptado a uma pedagogia ativa” (LÉVY, 1993, p. 40).

Acreditamos que o teste de validação da ferramenta analisada no presente trabalho ainda não está completo, pois falta uma análise qualitativa, por meio de um questionário que pergunte sobre o nível de

percepção de aprendizagem, o nível de satisfação e possa ser feita com alunos de cursos que tenham no currículo conteúdos relacionados aos fenômenos bioelétricos. Pretende-se realizar esta análise sobre as videoaulas no início do semestre letivo na UFRGS. A videoaula que produzimos mostrou-se válida ao ser aplicada em alunos de um curso popular preparatório para o vestibular, onde nem todos desejavam ingressar em cursos que abordassem o tema de potenciais de membrana.

Apesar de termos realizado um único teste até o momento, podemos afirmar que a videoaula proposta (considerando o conjunto das três partes: homeostase, potencial de repouso e potencial de ação) parece atender o objetivo de auxiliar a compreensão de temas biológicos mais difíceis. Devido à possibilidade de ser feito com um baixo custo, com potencial de difusão e disponibilidade de acesso, a relevância das videoaulas como ferramenta de aprendizagem, em especial sobre os conteúdos de fisiologia e biofísica, são um recurso que pode complementar de forma eficaz as aulas. Não há por trás deste trabalho a pretensão de substituir o professor ou os livros (bibliografias), e sim de ser um recurso a ser somado no processo de aprendizagem.

A contribuição deste estudo é apresentar a validade de uma ferramenta de ensino que possa auxiliar os desafios à transmissão do conhecimento, no tocante aos impactos que os avanços tecnológicos projetam na prática pedagógica e na educação e, dessa forma, apontar um lugar para a multimídia e o vídeo digital, como ferramenta útil no processo de aprendizagem dos alunos nas disciplinas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEAR, M.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. 2017. *Neurociências: Desvendando o Sistema Nervoso*. Porto alegre, Artmed ed.
- CARDOZO, D. 2016. An intuitive approach to understanding the resting membrane potential. *Advances in Physiology Education*, 40: 543–547.
- DALY, C. J.; BULLOCH, J. M.; MA, M.; AIDULIS, D. 2016. A comparison of animated versus static images in an instructional multimedia presentation. *Advances in Physiology Education*, 40: 201–205.
- GUY, R. 2012. Overcoming misconceptions in neurophysiology learning: an approach using color-coded animations. *Advances in Physiology Education* 36: 226–228.
- KANDEL, E.; SCHWARTZ, J.; JESSELL, T.; SIEGELBAUM, S.A.; HUDSPETH, A.J. 2014. *Princípios de Neurociências*. Porto Alegre, AMGH editora.
- LÉVY, P. 1993. *As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática*. Rio de Janeiro, Editora 34.
- MAYER, R. E. 2001. Multimedia Learning: are you asking the right questions? *Educational Psychologis*, 32 (1): 1-19.
- MAYER, R. E. 2005. *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. 3. ed. Santa Bárbara, Universty of Califórnia.
- MORAN, J. M. 1995. O vídeo na sala de aula. *Comunicação e educação*. 1 (2): 27-35.

- QUILLFELDT, J.A. Origem dos potenciais elétricos das células nervosas. Porto Alegre: Departamento de Biofísica - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Edição do Autor), 2005.
- ROSAT, R. M.; MONTEIRO, M. D.; LEFFA, D. T.; RECKZIEGEL, E. R.; ARAUJO, V. Z.; GRASSI, A. S.; ZANCAN, D. M. 2014. Validação de método de aprendizagem: videoaula sobre núcleos da base. In: *XXXVIII Reunião Anual da SBNeC*, 2014, Búzios. *XXXVIII Reunião Anual da SBNeC*.
- TEYLER, T. J.; VONEIDA, T. J. 1992. Use of computer-assisted courseware in teaching neuroscience: the Graphic Brain. *Advances in Physiology Education*, 263: S37-S44.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO INICIAL

1) Tendo concluído a cadeira de fisiologia animal comparada I e de biofísica, dentre os conteúdos apresentados durante os respectivos semestres, qual(ais) foi(foram) o(s) mais difícil(eis) de compreender?

2) Em se tratando de potenciais de membrana, de zero à cinco, qual seu nível de domínio deste assunto?

3) Qual a sua percepção de aprendizagem do assunto: potenciais de membrana (zero à cinco)?

3.1) Se sua resposta foi de zero à três, ao que atribui a dificuldade?

a) Falta de recursos ou de qualidade dos recursos escritos, visuais e professores.

b) Falta de tempo para se dedicar ao estudo.

c) Falta de interesse.

d) Outro:

3.2) Se sua resposta foi de quatro à cinco, ao que atribui?

a) Qualidade dos recursos didáticos consultados (por escrito, mídia visual ou professores)

b) Interesse no assunto.

c) A obtenção de um determinado conceito final foi a principal motivação. d)

Outro:

4) Caso você tenha consultado algum material didático da internet sobre potenciais de membrana, como você classificaria este recurso:

a) Quanto a qualidade do conteúdo (áudio):

1 – 2 – 3 – 4 – 5 (1 ruim – 5 ótimo)

b) Quanto à qualidade dos recursos visuais:

1 – 2 – 3 – 4 – 5 (1 ruim – 5 ótimo)

c) Quanto a quantidade de informação do recurso:

1 – 2 – 3 – 4 – 5 (1 insuficiente – 5 excessivo)

5) Haveria alguma crítica ou opinião que poderias expressar acerca destes assuntos (materiais didáticos de potenciais de membrana)?

**APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E
ESCLARECIDO (TCLE) PARA RESPONDER AO QUESTIONÁRIO
INICIAL DA PESQUISA**

Eu, Fernando dos Santos Mendonça, bolsista da Secretaria de Educação à Distância (SEAD – UFRGS), juntamente com a professora orientadora do Departamento de Fisiologia, Denise M. Zancan, estamos desenvolvendo o projeto videoaula sobre potenciais de membrana, como auxílio para o estudo sobre esse tema. Para conhecermos as dificuldades que os alunos possam ter no aprendizado desse tema estamos realizando um questionário.

Convidamos você para responder este questionário sobre sua avaliação em relação ao conteúdo das disciplinas de biofísica e fisiologia. As respostas serão utilizadas para planejar um instrumento de aprendizagem no formato de uma videoaula sobre potenciais de membrana, que poderá ser utilizado como recurso de estudo com livre disponibilidade. As informações desta pesquisa serão confidenciais e o conjunto dos dados coletados de todos os questionários respondidos será divulgado apenas em eventos ou publicações relacionadas, não havendo identificação dos voluntários, sendo assegurado o sigilo sobre sua participação.

Autorização:

Eu, _____, após a leitura (ou a escuta) deste documento, deixo claro que minha participação é voluntária, estou ciente dos objetivos e do procedimento desta pesquisa e da garantia de confidencialidade. Diante do exposto expresso minha concordância de espontânea vontade em participar deste estudo.

Assinatura do voluntário:

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste voluntário para a participação neste estudo.

Assinatura do responsável pela obtenção do TCLE:

Data: __/__/2017 _____

**APÊNDICE C - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E
ESCLARECIDO (TCLE) PARA AVALIAÇÃO DA VIDEOAULA E DO
TEXTO**

Eu, Fernando dos Santos Mendonça, aluno do curso de Ciências Biológicas juntamente com a professoras orientadoras Denise M. Zancan e Renata M. Rosat, do departamento de Fisiologia, estamos desenvolvendo um projeto de TCC com Videoaula e/ou texto sobre um tema importante que será assunto das disciplinas de biofísica e fisiologia, como auxílio para o estudo sobre esse tema. Para conhecermos melhor as dificuldades que os alunos possam ter no aprendizado deste conteúdo estamos realizando um questionário que contará com um estudo prévio dos assuntos tratados no mesmo.

Para a realização deste teste você irá estudar utilizando o material produzido por nós e responder o questionário sobre este tópico, que consta das seguintes etapas: (1) preencher uma ficha com informações pessoais, incluindo estado de saúde e bem-estar em geral, importante para a avaliação dos dados da pesquisa (2) realizar um pré-teste para avaliarmos o seu conhecimento prévio específico sobre o tema (3) ler um texto ou assistir a um vídeo sobre o tema (4) realizar um pós-teste do tema principal. Duração

da pesquisa: Pré-teste (aproximadamente 15 min), tema introdutório (10 min), tema principal (20 min) e pós-teste (aproximadamente 15 - 20 min).

Os resultados servirão para auxiliar na análise destes instrumentos de aprendizagem, para que possam ao fim deste trabalho, estarem mais adequados à demanda dos estudantes. Dependendo do resultado desta avaliação, este material poderá ser utilizado como recurso de estudo com livre disponibilidade. Você tem garantido o seu direito de não aceitar participar ou de retirar sua permissão a qualquer momento, sem nenhum tipo de prejuízo ou retaliação por sua decisão. As informações desta pesquisa serão confidenciais e o conjunto dos dados coletados de todos os questionários respondidos será divulgado apenas em eventos ou publicações relacionadas, não havendo identificação dos voluntários, sendo assegurado o sigilo sobre sua participação.

Autorização:

Eu, _____, após a leitura (ou a escuta) deste documento, deixo claro que minha participação é voluntária, estou ciente dos objetivos e do procedimento desta pesquisa e da garantia de confidencialidade. Diante do exposto expresso minha concordância de espontânea vontade em participar deste estudo.

Assinatura do voluntário:

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste voluntário para a participação neste estudo.

Assinatura do responsável pela obtenção do TCLE:

Data: __/__/2018 _____

APÊNDICE D – TEXTO SOBRE POTENCIAIS DE MEMBRANA

INTRODUÇÃO: HOMEOSTASE, ÁGUA E MEMBRANA CELULAR

A primeira noção importante que devemos ter para uma melhor compreensão deste fenômeno é a homeostase, que é a manutenção do ambiente interno do organismo dentro dos limites fisiológicos das células que o compõe (um equilíbrio dinâmico).

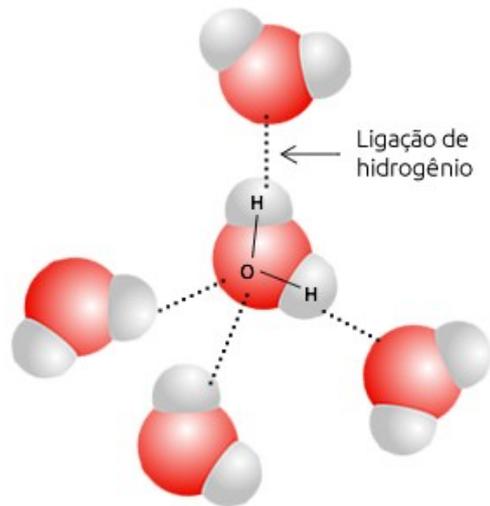


O que quer dizer que o organismo está trabalhando para manter as condições adequadas para que as células possam trabalhar de forma correta, algo como a manutenção de um aquário para que os peixes vivam adequadamente: para que os peixes vivam bem será necessário trocar a água, disponibilizar alimento, fazer com que a água circule, obter uma

determinada quantidade de sais na água... nosso corpo também realiza um processo semelhante para manter o ambiente onde as células estão, adequado

ao seu funcionamento. Dentre os elementos que compõe este equilíbrio, iremos destacar a água.

O meio aquoso ocupa a maior parte dos espaços intra e extracelulares e é onde se encontram todas as moléculas solúveis que participam da homeostase. A água possui algumas propriedades que quando somadas a tornam única, como por exemplo, uma elevada coesão interna, devido à sua estrutura simples de dipolo elétrico que gera grandes interações através das pontes de hidrogênio, seu ponto anômalo (mais densa em 4 °C), a auto ionização e sua solubilidade. Para o presente estudo será necessário discutirmos apenas a sua alta solubilidade. A água é considerada o melhor solvente para substâncias polares devido a algumas das suas características físico-químicas: A solvatação [hidratação] dos solutos, com sua consequente blindagem eletrostática [a água pura é um bom isolante elétrico] e a difusibilidade, ou seja, o fato de a agitação térmica manter as moléculas de água movendo-se em direções aleatórias e colidindo constantemente umas com as outras e também com os solutos, impulsionando-os: esse movimento errático dos solutos, muitas vezes chamado de movimento browniano, fatalmente afastará os solutos que estão sendo removidos de um cristal maior [por exemplo, de NaCl], favorecendo a dissolução do restante.



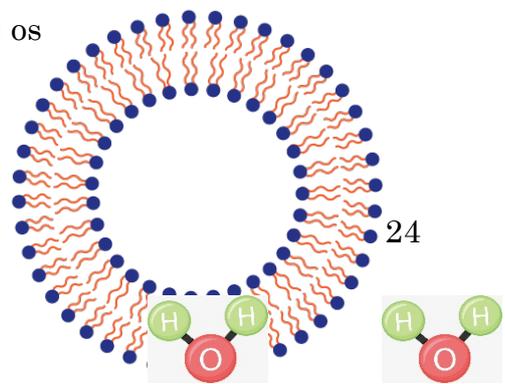
Devido ao fato da água ter uma elevada solubilidade, quando se trata de moléculas polares, diversos íons podem estar dissolvidos nela, podendo se



< Polar

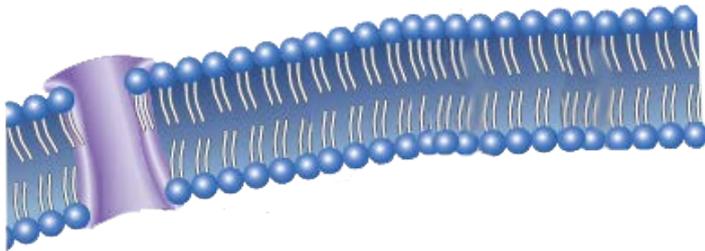
< Apolar

mover (o que é muito importante de se ressaltar, já que não temos elétrons livres para produzir uma corrente elétrica como a dos metais, então no nosso caso são os íons os elementos que possuem carga



24

elétrica que irão cumprir esta importante função). Em contrapartida, a água tem uma baixíssima solubilidade quando se trata de moléculas apolares,



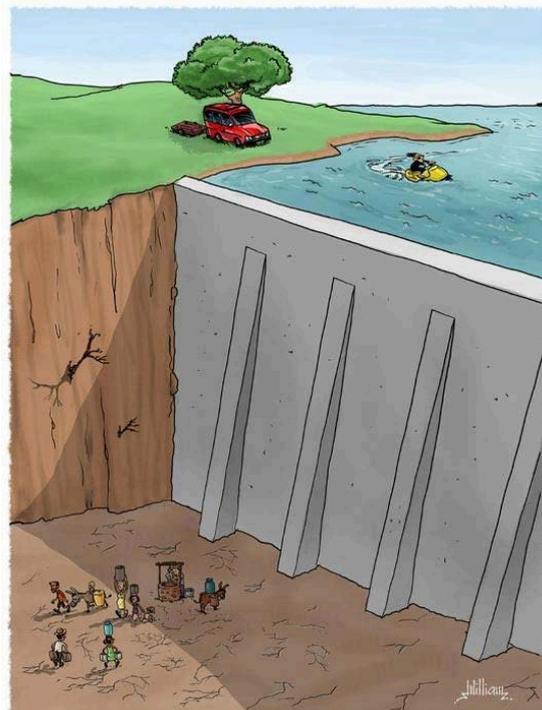
como os lipídeos. Sabendo que as moléculas que formam a nossa membrana (fosfolípídeos) possuem uma região polar e outra apolar, quando submersos em água, produzem um fenômeno chamado de efeito hidrofóbico, que é a tentativa de “esconder” o lipídeo (que não é solúvel)

e expor o fosfato, resultando numa estrutura de bicamada, onde a parte apolar (que não interage bem com a água) está escondida entre a camada polar, os fosfatos. Essa é a nossa membrana celular! O fato de não haverem ligações unindo estes fosfolípídeos, faz com que ela se torne fluida, o que confere uma certa plasticidade estrutural. Nesta membrana estão inseridas (atravessando-a) algumas proteínas que formarão canais, que chamaremos de canais de vazamento. Por causa das cargas residuais e estrutura tridimensional destas proteínas, estes canais serão seletivos, o que quer dizer que nem todo tipo de molécula conseguirá atravessá-lo.

As membranas celulares funcionam, então, como um capacitor,

K^+ K^+ que é capaz de
 K^+ K^+ separar as cargas
(positivas e
negativas) através de

uma membrana isolante entre elas. Quando o capacitor elétrico armazena



as cargas desta forma, ele gera um potencial elétrico (o que significa que as cargas querem mover-se naturalmente seguindo um determinado gradiente elétrico) que pode ser destinado a inúmeras coisas no nosso dia a dia, como por exemplo, o funcionamento de qualquer aparelho à bateria ou à pilha. Potencial então é uma forma de armazenar energia para gerar trabalho, como o potencial gravitacional, que é gerado, por exemplo, quando se constrói uma represa em um rio (se abrirmos um buraco lá em cima, a água sairá por conta própria, podendo gerar ao cair, trabalho suficiente para fazer funcionar uma bobina). Bem, com isto passamos a conhecer o palco onde o fenômeno bioelétrico ocorrerá. O processo de bioeletricidade é, portanto, estritamente dependente da membrana celular e do meio aquoso e ocorre tanto nas células excitáveis, que produzem eletricidade, como as células nervosas e músculos, como também nas não excitáveis, como as demais células do corpo. Mas onde está, então, a diferença entre as células nervosas e as demais?

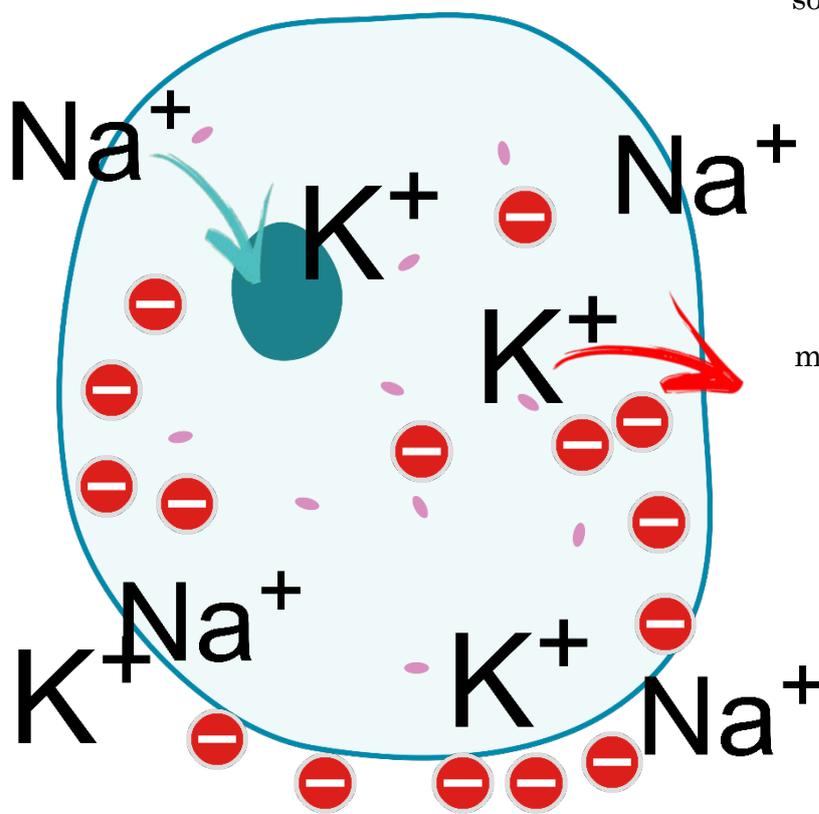
POTENCIAIS DE REPOUSO

Se observarmos uma célula que não seja o neurônio, veremos uma grande quantidade de íons distribuída por dentro e ao redor dela,

principalmente íons sódio e íons potássio. A

maior concentração de potássio (K^+) fica dentro da célula e a

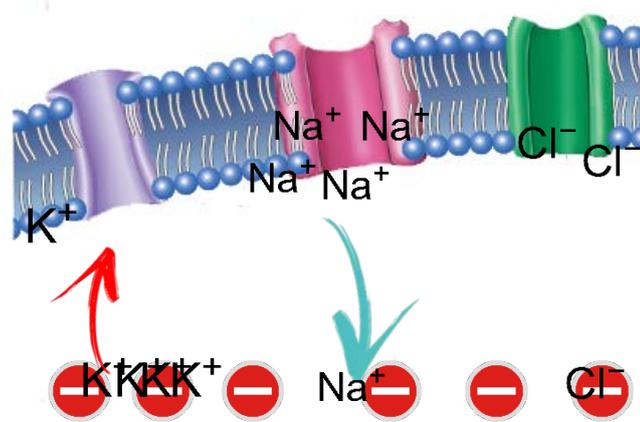
maior concentração de



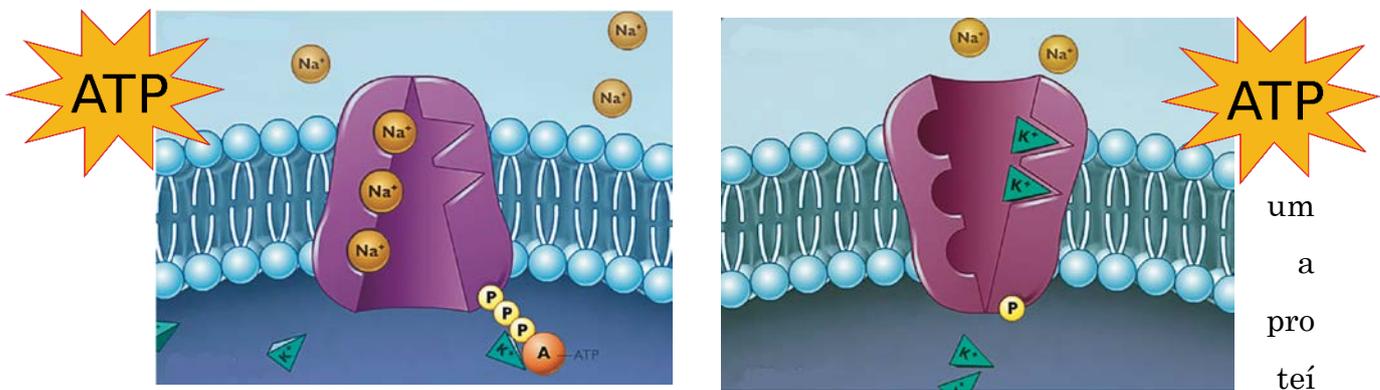
sódio (Na^+) fica ao redor dela. A membrana destas células é permeável apenas ao íon potássio (*possui canais de vazamento para os íons K^+*), que tenderá a equilibrar sua distribuição dentro e fora da célula seguindo o gradiente de concentração deste íon. Todavia, estas células também possuem no seu interior, uma grande quantidade de cargas negativas oriundas das cargas residuais das proteínas não difusíveis (PANDs). Neste caso, cada vez que o potássio (K^+) sai da célula para equilibrar sua concentração, ele torna o interior da célula mais negativo. Quanto mais negativo for ficando o interior da célula, mais difícil se tornará para que o íon K^+ saia. Então, levando em conta estas duas variáveis (concentração da molécula e quantidade de cargas) se gera um potencial (como o gravitacional que é gerado pela gravidade ou o elétrico pela distribuição das cargas no capacitor), chamado potencial de equilíbrio eletroquímico (Equilíbrio eletroquímico de Gibbs Donnan), já que depende da carga dos íons - “eletro”- e da concentração destes naquele meio - “químico”. Quando o fluxo de íons potássio cessa, ele não o faz porque atingiu uma concentração igual dentro e fora da célula, mas sim porque já não consegue mais sair da célula devido à negatividade do seu interior. Neste momento, a célula entra em um equilíbrio, que pode atingir, por exemplo, um valor de voltagem de -75mV . Este equilíbrio pode ser chamado de potencial de “repouso”.

*Revisando: Tem muitos íons potássio dentro da célula querendo sair para equilibrar sua concentração e muitos íons sódio (Na^+) querendo entrar para neutralizar a negatividade da célula (mas não conseguem) o que gera o **Potencial** (acumula energia para gerar trabalho) de **Equilíbrio** (-70mV) **Eletro** (Cátions querendo entrar devido à negatividade da célula) **Químico** (K^+ querendo sair devido a sua concentração).*

O potencial de repouso das células excitáveis se diferencia do das não excitáveis pelo fato das



primeiras serem permeáveis a mais de um íon. Nestas, além do íon K^+ (potássio), o Na^+ (sódio) e o Cl^- (cloreto) também possuem canais seletivos. Entretanto se o Na^+ puder entrar na célula neutralizando as cargas negativas das PAND's e o K^+ começar a sair, em pouco tempo acabaria também o gradiente iônico, se alcançaria um equilíbrio verdadeiro e esta célula perderia, então, a capacidade de acumular energia no seu potencial eletroquímico. Para escapar deste fatídico fim, as células nervosas (ou excitáveis) contam com outro processo que neste caso, envolve gasto de energia (já que esse processo vai regular o transporte contra o gradiente de concentração eletroquímico dos íons). A responsável pelo procedimento de manutenção dos gradientes iônicos no potencial de repouso dos neurônios é



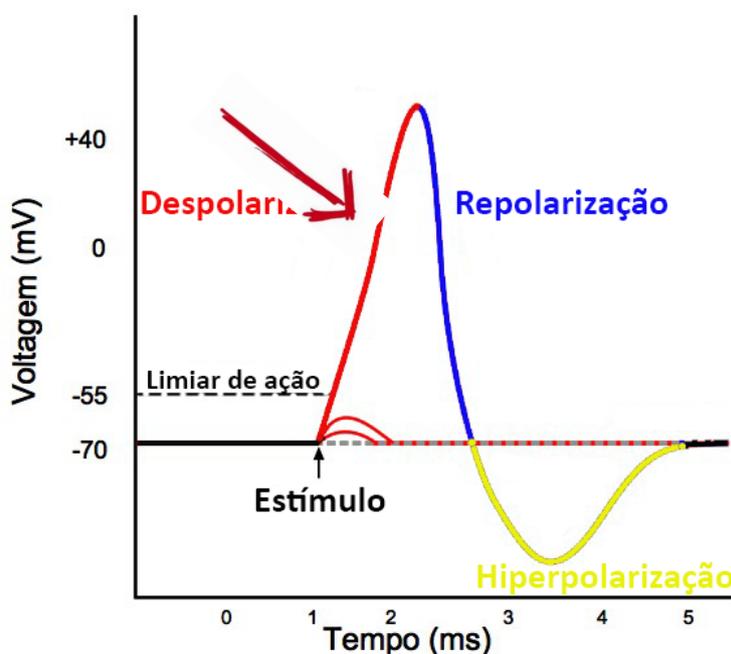
na (enzima) transmembrana chamada Bomba Na^+ , K^+ -ATPase (famosa bomba de sódio e potássio). Desta maneira, esta proteína liga-se a 3 íons Na^+ no lado citoplasmático (além do ATP, é claro), a 2 íons K^+ no lado extracelular; quando o ATP é hidrolisado em ADP e P_i (fosfato inorgânico), a energia química é liberada e a proteína sofre uma grande mudança conformacional (estrutural) que carrega os íons Na^+ para fora e, simultaneamente, os íons K^+ para dentro da célula. Repare que os íons foram transportados contra seus gradientes químicos, isto é, foram levados do local em que estão menos concentrados para o que estão mais concentrados, situação termodinamicamente impossível de ocorrer espontaneamente, por isso o transporte só ocorre com a hidrólise do ATP como fonte de energia (ou também chamado de transporte ativo). Por isso o potencial de repouso das células excitáveis é uma situação de não equilíbrio.

Revisando: as células excitáveis que são permeáveis a mais de um íon, não conseguem de forma passiva (sem gasto de energia) manter um potencial elétrico, devido à entrada do Na^+ e saída do K^+ . Entretanto, com o funcionamento da bomba Na^+ , K^+ -ATPase, é possível de maneira ativa (com gasto de energia) manter esse potencial elétrico de repouso que não se encontra em equilíbrio.

POTENCIAL DE AÇÃO

Depois que vimos como funciona o potencial de repouso das células excitáveis, poderíamos perguntar: mas para que toda essa maquinaria e gasto energético para possuir um PR se já temos várias outras células que o possuem sem todo este custo? A resposta é: Porque desta forma estas células conseguem produzir um outro tipo de potencial, o Potencial de Ação! Antes de seguirmos, vamos definir alguns termos:

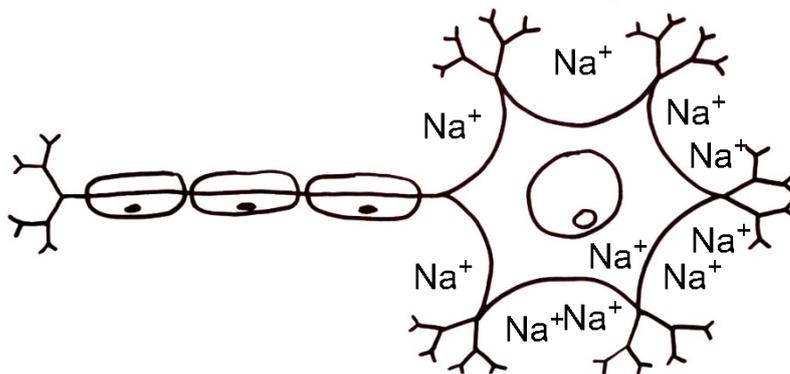
Sempre que uma célula sai da voltagem (negativa) de repouso elétrico passando a valores menos negativos (em direção a valores positivos), dizemos que a célula está sendo **despolarizada**; quando, pelo contrário, a célula fica mais negativa que no repouso, dizemos que está **hiperpolarizada** (em que a diferença de voltagem entre o meio intra e extracelular aumenta). A



despolarização é, de fato, a redução progressiva da separação de cargas que era mantida no repouso elétrico do neurônio; já a hiperpolarização corresponde a um

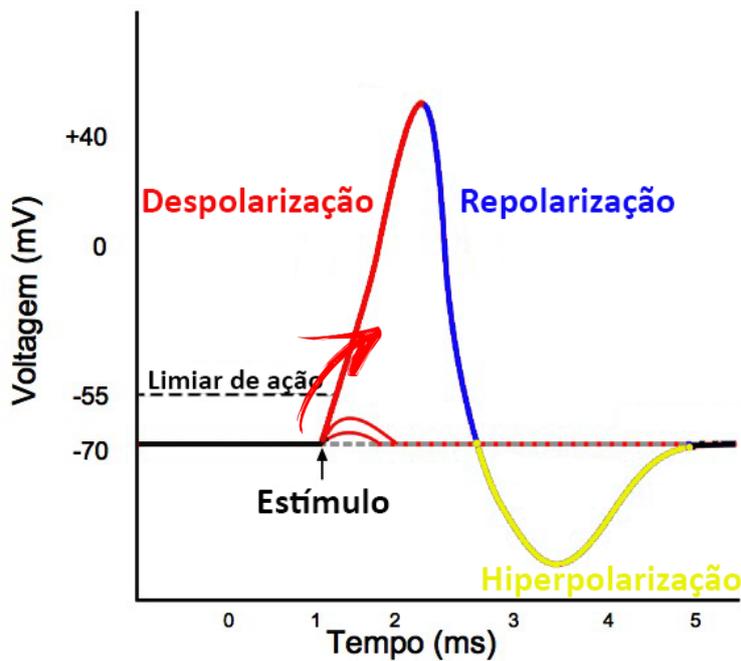
aumento na separação de cargas.

As células excitáveis utilizam um sistema mais complexo e custoso para estabelecer



um sistema mais seu PR, e a razão disso é que, assim fazendo-o, estas células estão em total prontidão para mudar seu potencial. No repouso elétrico, em particular no caso das células excitáveis, os três

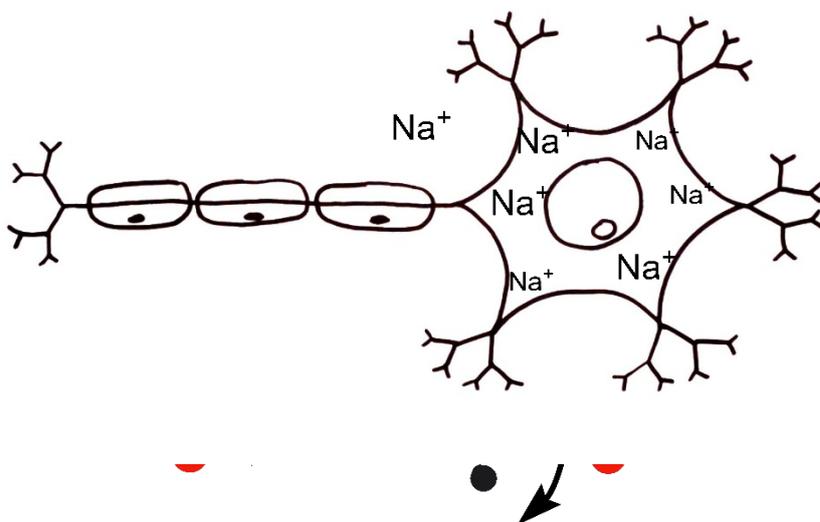
íons podem atravessar a membrana através de seus canais de vazamento, mas suas permeabilidades estão ajustadas para que o K^+ ainda seja o íon dominante que sai da célula. O Na^+ , ao entrar na célula, o faz em muito menor taxa que o K^+ sai, e o resultado disso é que as células excitáveis **nunca** atingem o equilíbrio eletroquímico. Pelo contrário, ficam “fora do equilíbrio”, mantidas ativamente em um estado que se denomina estado estacionário, que pode lembrar um equilíbrio termodinâmico, mas não é. O terceiro íon, o Cl^- , que não é transportado ativamente contra seu gradiente químico, distribui-se passivamente. Neste cenário, o Na^+ “represado” fora da célula tem não um, mas dois bons motivos para entrar na célula se puder fazê-lo: entraria **(a)** seguindo seu gradiente químico, pois está menos concentrado no citoplasma, e, como se não bastasse, entraria **(b)** seguindo seu gradiente elétrico, pois o interior da célula é, no repouso, negativo no lado de dentro. Ou seja, o Na^+ tem uma grande “avidez” por entrar na célula, e, se puder fazê-lo, entrará causando uma despolarização, que pode ou não se transformar em um PA dependendo do limiar da célula.



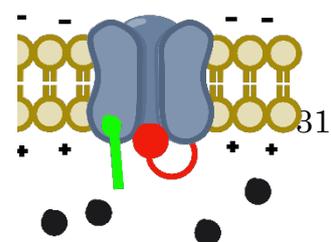
O que quer dizer que para que um potencial de ação seja gerado, é necessário que a célula despolarize até um certo grau; que produza uma maior alteração da voltagem de repouso (negativa) para valores positivos, por exemplo. Então,

uma despolarização pode ser caracterizada de três formas: **sub-limiar** (abaixo do limiar e por isto não induz uma resposta. A célula despolariza um pouco mas logo volta retoma a voltagem de repouso), **limiar** (é a despolarização mínima para gerar uma resposta no organismo) ou **supra-limiar** (é uma despolarização que ultrapassa o limiar de ação da célula, induzindo também, uma resposta). Apesar da pequena amplitude, o somatório de potenciais sub-limiares pode levar à um potencial de ação.

Essa maior despolarização (que alcança o limiar ou ultrapassa ele), é resultado de algum estímulo (químico ou físico) que produz um grande influxo de cátions, como o Na^+ , a alteração de voltagem, neste caso, abre muitos canais de Na^+ que respondem à essa alteração: os canais de Na^+ voltagem dependentes.

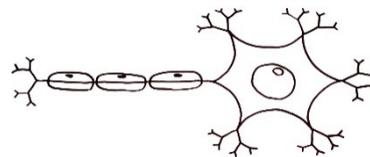
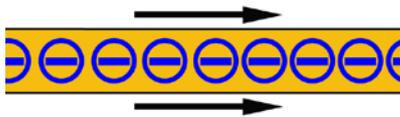


Então, um íon 25 vezes menos



permeável que o K^+ , como o Na^+ no potencial de repouso, se torna muito mais permeável, por um determinado período de tempo, porque alguns canais de Na^+ (Proteínas) que possuem uma espécie de porta (que pode estar “aberta” ou “fechada”) e são chamados Canais Com Portão, abrem-se. Alguns desses canais abrem devido à concentração de determinadas moléculas dentro e fora da célula, outros abrem quando recebem uma molécula ligante e por fim, os que estamos falando neste último exemplo, que abrem apenas quando a célula chegou à uma determinada voltagem (são canais dependentes de voltagem)

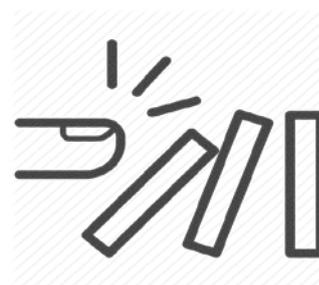
. Recordando que corrente elétrica é um fluxo de cargas em determinada direção, o que ocorre nas células excitáveis é uma perturbação do repouso, gerada pela saída e entrada destes íons, que se propaga ao longo da membrana celular e, assim, um ponto de uma célula pode comunicar uma



determinada ação a um ponto-alvo desta célula.



Como um efeito dominó, onde se aplica trabalho na primeira peça, que é acumulado num potencial gravitacional suficiente para derrubar a segunda quando entra em contato com ela e assim por diante.



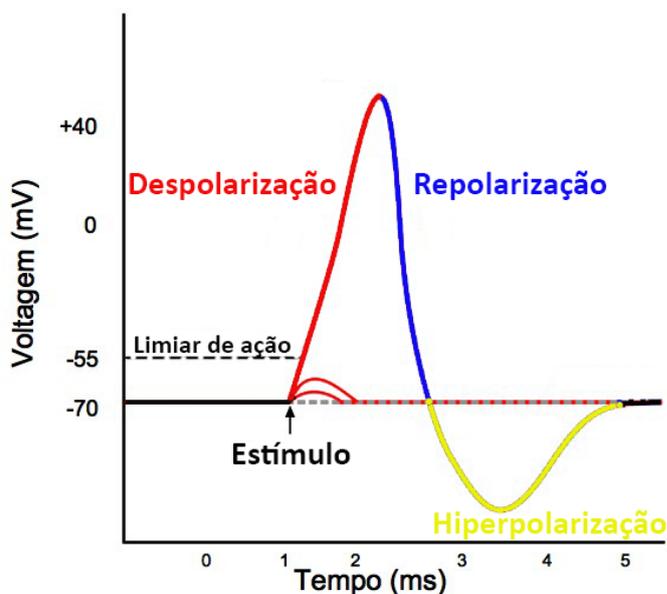
Então, se a célula ao ser estimulada, sofrendo a entrada de cátions e tornando-se menos negativa, alcançar seu limiar, irá modificar a estrutura das proteínas transmembrana chamadas Canais Com Portão dependentes de voltagem, causando um grande influxo de Na^+ que irá se propagar por toda a membrana celular, levando o estímulo de um extremo ao outro da célula É

desta maneira que o neurônio consegue determinar ações musculares ou endócrinas, por exemplo, usando esta forma de comunicação elétrica.

O potencial de ação é separado em três fases com intuito de facilitar a compreensão: (1) **Despolarização**, momento do influxo de íons Na^+ , levando o potencial de membrana a ultrapassar o limiar e a valores cada vez menos negativos, até ficar positivo no interior da célula durante uma fração de milissegundo, pela abertura das comportas de ativação dos canais de sódio. É a fase mais rápida. (2) **Repolarização** é a fase descendente em que a célula retorna a sua voltagem negativa no seu interior. Isso ocorre porque os canais com portão (dependentes de voltagem) de Na^+ se inativam (fecham as comportas) e devido a abertura de canais de K^+ , que começaram a abrir por causa da despolarização (canais com portão dependente de voltagem), mas numa taxa mais lenta que a variação da condutância ao sódio. A saída de K^+ se prolonga até a fase de (3) **Hiperpolarização**, estado em que a célula se encontra mais negativa que no seu estado de repouso, devido principalmente ao vazamento do K^+ . Nesta última fase, antes de retornar ao potencial de repouso, as bombas $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ ATPase estão em intensa atividade, recolocando o sódio para fora e o potássio para dentro da célula, com gasto de energia.

Por fim, trataremos do Período Refratário, um elemento importante para a compreensão dos fenômenos bioelétricos. O período refratário é uma fase do potencial de ação em que a célula apresenta menor excitabilidade e onde não é possível ou ao menos exigirá um estímulo maior, produzir outro potencial de ação enquanto o primeiro ainda estiver ocorrendo. O período refratário inicia-se logo após o estímulo que provoca a despolarização que leva ao

potencial de ação, e encerra-se no meio do estado de hiperpolarização. O período refratário é dividido em duas fases: O período refratário absoluto, onde não é possível gerar um novo potencial de ação, porque os



canais com portão de Na^+ estão inativos, o que quer dizer que enquanto as *comportas de inativação* dos canais com portão de Na^+ não abrirem, não tem como passar um novo potencial de ação, pois a fase de despolarização é caracterizada exatamente pela entrada de Na^+ . A segunda fase, é chamada de período refratário relativo, onde a célula não só já retornou a voltagem negativa, como ultrapassou essa voltagem, indo para valores mais negativos que o repouso da célula. Nesta situação é possível gerar um segundo potencial de ação, entretanto, será necessário causar uma despolarização maior para atingir o limiar de ação da célula.

APÊNDICE E – QUESTÕES DO PRÉ-TESTE

1) DE QUAL LADO DA MEMBRANA PLASMÁTICA OS ÍONS SÓDIO (Na^+) SÃO MAIS ABUNDANTES?

a.(lado interno)

b.(lado externo)

2) QUANDO A MEMBRANA ESTÁ NO POTENCIAL DE EQUILÍBRIO DE POTÁSSIO PARA QUAL DIREÇÃO OCORRE O MOVIMENTO RESULTANTE DOS ÍONS POTÁSSIO (K^+)?

a.(para dentro)

b.(para fora)

c.(nulo)

3) O ÍON DIFUSÍVEL MAIS IMPORTANTE NO ESTABELECIMENTO DO POTENCIAL DE MEMBRANA É O:

a. K^+

b. Na^+

c. Ca^{2+}

d. Cl^-

4) QUAL DAS AFIRMATIVAS A SEGUIR É VERDADEIRA SOBRE A BOMBA DE Na^+/K^+ ?

- a. O Na^+ é transportado ativamente para o interior da célula
- b. O K^+ é transportado ativamente para o exterior da célula
- c. O Na^+ é transportado ativamente para o exterior da célula
- d. Um número igual de íons Na^+ e K^+ é transportado em cada ciclo de atividade da bomba

5) A DESPOLARIZAÇÃO DE UM NEURÔNIO É PRODUZIDA

- a. pela difusão do Na^+ para o interior celular
- b. pela extrusão ativa do K^+
- c. pela difusão do Na^+ para o exterior
- d. pelo transporte ativo do Na^+ para o interior

6) A REPOLARIZAÇÃO DE UM AXÔNIO DURANTE O POTENCIAL DE AÇÃO É PRODUZIDA

- a. pela difusão do Na^+ para o interior celular
- b. pelo aumento da difusão para fora do K^+
- c. pela difusão do Na^+ para o exterior
- d. pelo transporte ativo do Na^+ para o interior

7) LEIA AS FRASES ABAIXO E ASSINALE AO LADO DESTAS V PARA VERDADEIRA E F PARA FALSA:

- a. A fase do potencial de ação onde o interior da célula encontra-se mais negativo é a despolarização
- b. As células excitáveis não possuem PANDS (proteínas aniônicas não difusíveis)
- c. Devido ao fato das células excitáveis possuírem canais para o Na^+ , ela acaba consumindo mais energia que as demais para manter a diferença de potencial.
- d. A despolarização é uma fase do potencial de ação que ocorre de forma ativa (necessita de ATP para ocorrer).

APÊNDICE F – QUESTÕES DO PÓS-TESTE

1) MARQUE V (VERDADEIRO) OU F (FALSO) NAS AFIRMATIVAS ABAIXO:

- a. O valor do potencial de repouso da membrana (voltagem) de uma célula excitável é determinado principalmente pelos canais de vazamento que conduzem Na^+ , Cl^- e K^+ e pela concentração destes íons.
- b. Em geral, quando o potencial de membrana (voltagem) está próximo do potencial de equilíbrio do íon (ou dos íons) é devido a permeabilidade deste(s) íon(s).
- c. A permeabilidade da membrana celular a um determinado íon é proporcional ao número de canais abertos que permitem a passagem daquele íon.
- d. Os íons sódio são mais abundantes do lado interno da membrana.

2) MARQUE V (VERDADEIRO) OU F (FALSO) NAS AFIRMATIVAS ABAIXO:

- a. O efluxo (vazamento para fora) de K^+ , durante o potencial de ação, auxilia na repolarização da membrana, restaurando a separação inicial de cargas;
- b. A despolarização ocorre por breve aumento na permeabilidade da membrana celular ao Na^+ , o qual se sobrepõe à permeabilidade vazante da membrana celular ao K^+ ;
- c. O íon difusível mais importante no estabelecimento do potencial de membrana é o Na^+
- d. O Na^+ é transportado ativamente para o interior da célula através da bomba de Na^+/K^+

3) LEIA AS FRASES ABAIXO E ASSINALE AO LADO DESTAS V PARA VERDADEIRA E F PARA FALSA:

- a. A fase do potencial de ação onde o interior da célula encontra-se mais negativo é a despolarização
- b. As células excitáveis não possuem PANDS (proteínas aniônicas não difusíveis)
- c. Devido ao fato das células excitáveis possuírem canais para o Na^+ , ela acaba consumindo mais energia que as demais para manter a diferença de potencial.
- d. A despolarização é uma fase do potencial de ação que ocorre de forma ativa (necessita de ATP para ocorrer).

4) MARQUE V (VERDADEIRO) OU F (FALSO) NAS AFIRMATIVAS ABAIXO:

- a. A difusão de K^+ e de Na^+ seguindo seus gradientes eletroquímicos produz sempre uma diferença de potencial de -70mv;

- b. As cargas negativas fixas, no interior das células, não contribuem para o potencial de membrana em repouso da maioria das células;
- c. A repolarização de um axônio durante o potencial de ação é produzida pela extrusão ativa de K^+ ;
- d. A variação na concentração extracelular de K^+ não influencia no valor do potencial de membrana em repouso.

5) DE QUAL LADO DA MEMBRANA PLASMÁTICA OS ÍONS SÓDIO (K^+) SÃO MAIS ABUNDANTES?

a.(lado interno)

b.(lado externo)

6) UTILIZE O COMPLEMENTO MAIS ADEQUADO À ESTA FRASE:

O período refratário relativo é uma fase do potencial de ação em que a célula apresenta _____ excitabilidade

a. Grande; b. Menor; c. Nenhuma; d. a mesma.

7) ONDE OCORRE O POTENCIAL DE AÇÃO?

- a. Membrana nuclear
- b. Membrana plasmática
- c. Membrana mitocondrial
- d. No interior do núcleo celular

8) MARQUE V (VERDADEIRO) F (FALSO).

- a. O período refratário é dividido em duas fases: período refratário absoluto e período refratário relativo.
- b. O potencial de ação é dividido em três fases, que ocorrem na seguinte ordem: Repolarização, Despolarização e Hiperpolarização
- c. A fase mais rápida do potencial de ação é a repolarização
- d. No período refratário relativo é possível gerar um potencial de ação

9) ONDE HÁ MAIOR CONCENTRAÇÃO DE Na^+ :

- a. No núcleo celular
- b. No exterior da célula
- c. No citoplasma
- d. No interior da membrana (entre as camadas)