

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

INTERDISCIPLINARIDADE ENTRE FÍSICA E BIOLOGIA
PROMOVENDO A COMPREENSÃO DE CONCEITOS FÍSICOS

JOSÉ ANTÔNIO AFONSO DA COSTA BOCCHI



PORTO ALEGRE

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

INTERDISCIPLINARIDADE ENTRE FÍSICA E BIOLOGIA
PROMOVENDO A COMPREENSÃO DE CONCEITOS FÍSICOS

JOSÉ ANTÔNIO AFONSO DA COSTA BOCCHI

Dissertação realizada sob a orientação da Profa. Dra. Rejane Maria Ribeiro Teixeira da UFRGS e apresentada ao Instituto de Física da UFRGS em preenchimento parcial aos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.



PORTO ALEGRE

2017

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a minha família por ter me dado todas as condições necessárias para que eu conseguisse concluir esse trabalho. Minha esposa Michelle Mendes Grandi por todo o apoio afetivo, cognitivo e por estar presente sempre ao meu lado. Minha orientadora Profa. Dra. Rejane Maria Ribeiro Teixeira pela paciência, perseverança e por todos os ensinamentos transmitidos. Aos meus professores tanto de graduação como de pós-graduação, por me mostrarem o caminho do conhecimento de maneira cativante. A Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que apesar de todas as diversidades continua com seu papel de formar pessoas com o intuito de criar uma sociedade mais justa e igualitária. Aos meus colegas professores pelas grandes discussões sobre ciência, natureza, sociedade e ect. A todos que um dia foram meus alunos, pois foi com eles que eu aprendi, aprendo e continuarei aprendendo a dar aula.

RESUMO

Este trabalho analisa se o estabelecimento de uma relação de interdisciplinaridade entre a Física e a Biologia pode servir como facilitador para a aprendizagem significativa de conceitos físicos por alunos do Ensino Médio. Para tal, buscou-se uma metodologia e a criação de um material didático interdisciplinar, que estimule o aluno a uma aprendizagem significativa e à compreensão dos fenômenos e conceitos físicos, mediante o entendimento da interpretação dada pelos sentidos. A teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel e a teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud embasam a fundamentação teórica deste trabalho. Este projeto foi implementado na forma de uma oficina extraclasse, no 3º trimestre de 2015, oferecida para os alunos das turmas de terceiro ano de um colégio da rede privada de ensino de Porto Alegre, RS. As atividades criadas tinham como ponto de partida situações-problema introduzidas através de questionamentos que conduziam a discussões com uma abordagem interdisciplinar. Com o objetivo de averiguar a interiorização dos aspectos e conceitos físicos e biológicos debatidos nas atividades da oficina foram usados dois instrumentos - um teste de conhecimentos e a construção de um mapa conceitual. Os resultados da implementação dessa proposta didática levam a crer que a inclusão de uma abordagem interdisciplinar pode propiciar uma aprendizagem com significado.

Palavras-chave: Ensino de Física; conceitos biológicos; interdisciplinaridade; sentidos humanos; aprendizagem significativa; campos conceituais.

ABSTRACT

This work analyses if the establishment of an interdisciplinary relation between Physics and Biology could serve as a facilitator for meaningful learning of Physics concepts by High School students. For this objective, it has been considered a methodology and the creation of multidisciplinary didactic material which could stimulate the student to meaningful learning and to the comprehension of Physics phenomena and concepts through the understanding of the interpretations given by the senses. The theory of the meaningful learning by David Ausubel and the theory of the conceptual fields by Gérard Vergnaud based the theoretical construct of this work. This project has been applied in the form of an extra class workshop, in the third trimester of 2015, offered to the High School third year student groups of a Porto Alegre' private school. The activities created had as a starting point situations introduced through questions which conducted to discussions with an interdisciplinary approach. With the objective of assessing the interiorization of Physics and Biologic aspects and concepts debated in the workshop activities it has been utilized two instruments – a knowledge test and the construction of a conceptual map. The results of the proposed didactic application let believe that the inclusion of an interdisciplinary approach could promote meaningful knowledge.

Keywords: Physics teaching; biological concepts; interdisciplinarity; human senses; meaningful learning; conceptual fields.

SUMÁRIO

RESUMO	iv
ABSTRACT	v
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	01
CAPÍTULO 2 - TRABALHOS RELACIONADOS	04
CAPÍTULO 3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
3.1 Teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel.....	10
3.2 Teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud.....	12
CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO DO MATERIAL INSTRUCIONAL E SUA IMPLEMENTAÇÃO	15
4.1 Contexto escolar.....	15
4.2 Conteúdos abordados.....	16
4.3 Material instrucional elaborado e sua implementação.....	16
CAPÍTULO 5 - ANÁLISE DOS RESULTADOS DA IMPLEMENTAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA	20
5.1 Análise das respostas do teste objetivo.....	20
5.2 Análise dos mapas conceituais construídos pelos alunos.....	25
5.3 Análise das respostas do questionário de opinião.....	38
CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS	43
OBRAS CONSULTADAS	46
APÊNDICE - MATERIAL INSTRUCIONAL	47
A.1 Atividade 1- O ouvido humano e a sensação de imponderabilidade.....	47
A.2 Atividade 2- A percepção corporal como medidor de força.....	54
A.3 Apresentação sobre mapas conceituais e exemplos.....	61
A.3.1 <u>Dois exemplos de mapas conceituais criados a partir dos assuntos abordados</u>	62
A.3.1.1 Exemplo 1 - Leis de Newton e algumas aplicações.....	62
A.3.1.2 Exemplo 2 - Características do ouvido interno e algumas sensações.....	63
A.3.2 <u>Mapa conceitual esqueleto proposto aos alunos</u>	63
A.4 Teste objetivo sobre os conteúdos discutidos na oficina	64
A.5 Questionário de opinião	67

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Graças aos sentidos (visão, audição, tato, paladar e olfato) pode-se interagir com o mundo, criando modelos de como funciona a natureza ao nosso redor e como as grandezas presentes nela, por exemplo força, pressão, velocidade, temperatura, calor e etc se relacionam.

Sem eles, dificilmente poderia ser alcançado o grau de entendimento da realidade ou mesmo de desenvolvimento tecnológico que se tem hoje em dia. Entretanto, muitas vezes, os sentidos não interpretam corretamente medidas físicas, ou seja, pode levar a conclusões errôneas a respeito de alguns conceitos físicos.

Sensações como a dor, como quente ou frio, como imponderabilidade, como equilíbrio ou como a variação de pressão, podem nos levar a criar modelos mentais os quais podem conduzir, em sua maioria, a erros conceituais.

As duas questões principais que embasaram este trabalho são:

Nossas sensações interferem na formação de conceitos físicos dentro de uma concepção cientificamente correta?

Acredita-se que mesmo antes das crianças entrarem em contato com o conhecimento científico na escola, suas vivências cotidianas, utilizando seus sentidos, levam, mesmo que de maneira subconsciente, à criação de relações e interdependência entre os objetos que o rodeiam cotidianamente e as sensações geradas por eles. Mas é sabido que, quando nossos sentidos são usados para medir algumas grandezas físicas, pode-se chegar a conclusões errôneas.

O conhecimento do funcionamento dos sentidos e a interpretação das sensações ajudam a uma explicação correta de determinados conceitos físicos?

Acredita-se que sim. Em muitos casos, associa-se a sensação de dor em uma pancada diretamente à intensidade da força recebida, ou que o peso de uma pessoa altera ao mergulhar em um fluido ou até mesmo quando se diverte em alguns brinquedos dos parques de diversão. Porém, nem sempre tais relações são totalmente diretas. Sendo assim, mostra-se válido entender mais profundamente essas conclusões de forma que seja possível utilizá-las como ferramentas metodológicas de ensino. Supõe-se que a compreensão da forma como se recebe e se interpreta as informações dos fenômenos físicos através dos sentidos, poderia prevenir a ocorrência da interiorização cientificamente incorreta de conceitos físicos. Como exemplos, pode-se citar que uma força de mesma intensidade, aplicada por meio de um soco, produz uma

sensação diferente se for aplicada no rosto ou na mão. Isto é ocasionado pela diferença de sensibilidade das duas regiões; também que o peso da pessoa não muda ao entrar na água, mas o que ocorre é que os músculos relaxam, diminuindo a tensão nos tendões e ligamentos, gerando a sensação de diminuição do seu peso.

No ambiente de ensino e aprendizagem, uma das funções do professor é identificar quais são as ideias existentes na estrutura cognitiva do aluno, ou mesmo o que os sentidos poderiam, possivelmente, ter influenciado na formação de um conceito incorreto cientificamente.

Mostrar ao aprendiz a interligação entre seus sentidos e os conceitos físicos envolvidos em uma situação cotidiana, através de uma abordagem interdisciplinar, poderá gerar uma aprendizagem subordinada derivativa e superordenada, fazendo com que o novo conhecimento ligue-se de maneira não-arbitrária ao conhecimento pré-existente e, em muitos casos, até corrigindo-os.

Segundo Ausubel,

Se o aluno consegue formar um vínculo entre o material a aprender e os conhecimentos prévios, integrando-os na sua estrutura cognitiva, será capaz de atribuir um significado, alcançando uma aprendizagem significativa. Do contrário, se essas relações não forem estabelecidas, a aprendizagem será mecânica ou repetitiva, o aluno poderá lembrar o conteúdo por determinado tempo, mas não terá modificado sua estrutura cognitiva. (Santos; Pacheco, 2000, p. 230)

Neste trabalho foi desenvolvido um material instrucional, que busca uma abordagem interdisciplinar, com o intuito de propiciar esse tipo de aprendizagem.

A importância da interdisciplinaridade no processo ensino aprendizagem se torna clara nas palavras de Fazenda (2011, p.84):

A necessidade da interdisciplinaridade impõe-se não só como forma de compreender e modificar o mundo, como também por uma exigência interna das ciências, que buscam o restabelecimento da unidade perdida do Saber. O valor e a aplicabilidade da interdisciplinaridade, portanto, podem-se verificar tanto na formação geral, profissional, de pesquisadores, quanto como meio de superar a dicotomia ensino-pesquisa e como forma de permitir uma educação permanente.

Acredita-se que a interdisciplinaridade entre Física e Biologia, associada a situações e informações cotidianas, pode vir a promover um conhecimento amplo, ramificado e significativo.

A escolha dos assuntos que foram trabalhados se deu após uma análise de dúvidas recorrentes sobre tópicos de Física apresentadas por alunos em sala de aula que envolvem os sentidos humanos e que costumam levar a erros em suas concepções.

Para a produção do material didático foi necessária uma pesquisa ampla e abrangente nas áreas de Fisiologia, Anatomia Humana, Biologia e Física.

São raros os trabalhos ou materiais didáticos que associem ou busquem tais relações, de forma que se acredita na importância da produção desse trabalho.

A seguir, no segundo capítulo é apresentada uma breve análise dos documentos oficiais para o Ensino Médio, e alguns trabalhos acadêmicos relacionados com ensino aprendizagem e também com interdisciplinaridade.

No terceiro capítulo é apresentado o embasamento teórico do trabalho na teoria de Ausubel (aprendizagem significativa) e na teoria de Vergnaud (campos conceituais).

No quarto capítulo, são discutidas a metodologia de criação do material didático e sua proposta de implementação em sala de aula. Foram aplicados instrumentos para averiguar a introjeção dos conceitos e conteúdos interdisciplinares trabalhados na proposta didática, com resultados mostrados no Capítulo 5.

As considerações finais são apresentadas no Capítulo 6.

O material instrucional produzido nesse trabalho é apresentado no Apêndice.

CAPÍTULO 2 - TRABALHOS RELACIONADOS

Elucidar o conceito de disciplina é fundamental para que se possa entender o conceito de interdisciplinaridade tão citado atualmente e que constitui um dos alicerces do presente trabalho.

Japiassu (1976) define disciplina e disciplinaridade por uma progressiva exploração científica especializada em uma certa área ou domínio homogêneo de estudo. Para esse autor, uma disciplina estabelece e define suas fronteiras constituintes, que irão determinar seus objetos materiais, seus métodos, sistemas e teorias. O termo disciplina poderia ser, então, usado como sinônimo do “ensino de uma ciência”.

Deste modo, a disciplina pode ser entendida como uma forma ordenada e organizada de ensino e vivência de uma determinada área da ciência. Na construção de uma disciplina o professor transfere seus conhecimentos de especialista em uma determinada área do saber para seus alunos e posteriormente avalia o seu entendimento.

A partir da década de 70, novos conceitos derivados da “disciplinaridade” foram aos poucos sendo citados e estudados no Brasil, hoje conhecidos como multidisciplinaridade, pluridisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade. Conceitos estes que fazem parte de novas técnicas de aprendizagem, transmissão de conhecimentos e pesquisa científica.

Para definir a interdisciplinaridade, Coimbra (2000) salienta que ela consiste em um tema, objeto ou abordagem em que duas ou mais disciplinas intencionalmente estabelecem nexos e vínculos entre si para alcançar um conhecimento com mais abrangência, mais diversificado e unificado. Seria a busca de um entendimento comum com envolvimento direto dos interlocutores.

Coimbra (1985) usa uma alegoria coreográfica para explicar a interdisciplinaridade:

Numa ação interdisciplinar, as partes envolvidas dão-se as mãos, movimentam-se juntas como num balé, voltadas para o tema central. Aproximam-se, afastam-se, interpelam-se, respondem-se; ora se exhibe o solista, ora se impõe o coro. O essencial da interdisciplinaridade consiste em produzir uma ação comum, mantendo cada participante o que lhe é próprio.

A interdisciplinaridade se fundamenta pela intensidade das trocas entre os especialistas e por um grau de interação real entre as disciplinas. Pode-se entender que o projeto interdisciplinar vai além de um monólogo entre especialistas, tornando-se um espaço unitário do conhecimento. O seu fundamento será encontrado na negação e na

superação das fronteiras disciplinares (Japiassu, 1976).

Salienta ainda Japiassu (1976, p. 76):

Passamos por graus sucessivos de cooperação e coordenação crescentes antes de chegarmos ao grau próprio do interdisciplinar. Este pode ser caracterizado como o nível em que a colaboração entre as diversas disciplinas ou entre os setores heterogêneos de uma mesma ciência conduz a interações propriamente ditas, isto é, uma certa reciprocidade nos intercâmbios, de tal forma que, no final do processo interativo, cada disciplina saia enriquecida.

As Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) (BRASIL, 2012) são as regras ou leis obrigatórias para o Ensino Básico que é constituído por: infantil, fundamental e médio. São elas que norteiam o planejamento curricular de todo o sistema de ensino público ou privado. É de responsabilidade do Conselho Nacional de Educação (CNE) a discussão, fixação e criação dessas diretrizes.

A origem das DCNs está na Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) (BRASIL, 1996). A mais recente delas a ser criada é a do ensino médio, que data de 30 de janeiro 2012.

O principal papel dessas diretrizes é garantir o ensinamento, para todos os alunos, dos conteúdos básicos, levando em consideração o contexto em que cada aluno está inserido.

Em seu Título 1, Capítulo II, Art. 5º é citado que: *O Ensino Médio em todas as suas formas de oferta e organização, baseia-se em [...] VI - integração de conhecimentos gerais e, quando for o caso, técnico-profissionais, realizada na perspectiva da interdisciplinaridade e da contextualização.*

Em seu Título 2, Capítulo I, Art. 8º todas as disciplinas são divididas em áreas do conhecimento, dando origem a: I - Linguagens; II - Matemática; III - Ciências da Natureza; IV - Ciências Humanas.

Segundo os DCN's, os componentes curriculares obrigatórios que integram a área de conhecimento de Ciências da Natureza são: a Biologia, a Física e a Química, citando que:

§ 1º O currículo deve contemplar as quatro áreas do conhecimento, com tratamento metodológico que evidencie a contextualização e a interdisciplinaridade ou outras formas de interação e articulação entre diferentes campos de saberes específicos.

§ 2º A organização por áreas de conhecimento não dilui nem exclui componentes curriculares com especificidades e saberes próprios construídos e sistematizados, mas implica no fortalecimento das relações entre eles e a sua contextualização para apreensão e intervenção na realidade, requerendo planejamento e execução conjugados e cooperativos dos seus professores.

No seu Capítulo 2, Art. 14, as diretrizes dizem que:

VIII - os componentes curriculares que integram as áreas de conhecimento podem ser tratados ou como disciplinas, sempre de forma integrada, ou como

unidades de estudos, módulos, atividades, práticas e projetos contextualizados e interdisciplinares ou diversamente articuladores de saberes, desenvolvimento transversal de temas ou outras formas de organização;

IX - os componentes curriculares devem propiciar a apropriação de conceitos e categorias básicas, e não o acúmulo de informações e conhecimentos, estabelecendo um conjunto necessário de saberes integrados e significativos;

XIII - a interdisciplinaridade e a contextualização devem assegurar a transversalidade do conhecimento de diferentes componentes curriculares, propiciando a interlocução entre os saberes e os diferentes campos do conhecimento.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, PCNEM, (BRASIL, 1999) e as suas orientações complementares, PCN+, (BRASIL, 2002) também demonstram a preocupação que deve haver com a integração e a articulação dos conhecimentos em processo permanente de interdisciplinaridade e contextualização.

Acredita-se que isto venha a contribuir para o desenvolvimento das competências e habilidades previstas para o egresso deste nível de ensino. A articulação interdisciplinar e a integração não devem ser vistas como um complemento a ser oferecido eventualmente, pois sem ela o conhecimento desenvolvido pelo aluno estará fragmentado e será ineficaz. *É por essa razão, ou seja, porque se aprende e se percebe o aprendido apenas em situações reais, que, numa abordagem por competências, o contexto e a interdisciplinaridade são essenciais.* (BRASIL, 1999, p. 35)

Uma disciplina ou um conteúdo isolado não é mais, hoje em dia, visto como a melhor forma de estabelecer uma aprendizagem significativa e permanente em nossos alunos. Conforme os PCN's:

A tendência atual, em todos os níveis de ensino, é analisar a realidade segmentada, sem desenvolver a compreensão dos múltiplos conhecimentos que se interpenetram e conformam determinados fenômenos. Para essa visão segmentada contribui o enfoque meramente disciplinar que, na nova proposta de reforma curricular, pretendemos superar pela perspectiva interdisciplinar e pela contextualização dos conhecimentos. (BRASIL, 1999, p. 21)

Segundo esses parâmetros, por exemplo, conteúdos de Física isolados sem contextualização ou sem relações com outras áreas teriam pouco significado. A Física deve ser trabalhada como um instrumento para a compreensão do mundo, onde suas grandezas e conceitos devem ser reconhecidos em outras ciências. Como exemplo, a idéia de energia presente também na Química e na Biologia:

A necessária articulação entre as disciplinas da área de conhecimento para a promoção das competências gerais certamente inclui o desenvolvimento de instrumentos de investigação comuns, como conceitos e procedimentos partilhados pelas várias ciências, na investigação e compreensão de diferentes processos naturais. [...] Conceitos, como os de unidade, escala, transformação ou conservação, têm semelhanças e diferenças na forma com que são tratados pelas distintas ciências. Uma discussão geral de certos métodos, procedimentos e investigações, que são instrumental comum das várias

ciências, pode ser ilustrada com a variedade de formas pelas quais desenvolvem os conceitos de igualdade e variação, de conservação e transformação ou, analogamente, de unidade e diversidade, de identidade e evolução, revelando elementos comuns ou distintos, sob codificações aparentemente idênticas. (BRASIL, 1999, p. 27)

A interdisciplinaridade é uma opção epistemológica que visa a integração do conhecimento tendendo a se opor à fragmentação e à formação de especialistas. Pois, especialistas tendem a analisar um problema sob o filtro de sua óptica, tendendo a observar e priorizar os aspectos da sua especialidade, não vendo o todo da questão.

Uma das práticas de interdisciplinaridade é a de importação, ou seja, quando uma determinada disciplina chega no seu limite, necessitando transcender suas fronteiras, utilizando ou agregando metodologias, linguagens, conceitos ou aparelhagens já provadas em outra disciplina.

Já no Art. 26 da LDB (BRASIL, 1996) é determinada a obrigatoriedade de:

[...] estudos da Língua Portuguesa e da Matemática, o conhecimento do mundo físico e natural e da realidade social e política, especialmente do Brasil, o ensino da arte [...] de forma a promover o desenvolvimento cultural dos alunos, e a Educação Física, integrada à proposta pedagógica da escola.

Em seu artigo 36 é citado que:

O currículo do ensino médio destacará a educação tecnológica básica, a compreensão do significado da ciência, das letras e das artes; o processo histórico de transformação da sociedade e da cultura; a língua portuguesa como instrumento de comunicação, acesso ao conhecimento e exercício da cidadania.

Vê-se que a LDB, quando distingue as diretrizes curriculares específicas para o ensino médio, mostra que em um currículo é essencial a integração e articulação dos conhecimentos, e nesse processo a interdisciplinaridade é fundamental e efetiva.

Igualmente, as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (estabelecidas pela Resolução CEB nº 3 de 26 de junho de 1998) especificam:

Art. 6º. Os princípios pedagógicos da Identidade, Diversidade e Autonomia, da Interdisciplinaridade e da Contextualização serão adotados como estruturadores dos currículos do ensino médio.

Art. 8º. Na observância da Interdisciplinaridade, as escolas terão presente que: - a Interdisciplinaridade, nas suas mais variadas formas, partirá do princípio de que todo conhecimento mantém um diálogo permanente com outros conhecimentos, que pode ser de questionamento, de negação, de complementação, de ampliação, de iluminação de aspectos não distinguídos.

Em uma revisão da literatura a respeito da interdisciplinaridade entre aspectos físicos e biológicos, foram encontrados alguns trabalhos, apresentados a seguir onde se incluiu os assuntos interdisciplinares que tratam:

(i) relaciona calor e temperatura com o sentido do tato. Neste trabalho os autores explicam a experiência de três bacias com água a temperaturas diferentes com a intenção de mostrar para o aluno uma série de relações importantes, tanto

termodinâmicas como biológicas, separando nossos sentidos e o que captamos do meio externo com as teorias e conceitos aceitos cientificamente (De Mattos; Drumond, 2004); (ii) relaciona o ouvido humano com ondas mecânicas e fenômenos ondulatórios (sem, no entanto, mencionar o sistema de equilíbrio do indivíduo). Em sua dissertação, a autora (Rui, 2006), através da produção de um texto de apoio, explica o funcionamento do ouvido humano, suas partes, sua estrutura interna, média e externa e a emissão e a absorção de sinais;

(iii) descreve como a luz e as cores estão associadas à fotografia, às artes, à Química e à Biologia. Neste texto a autora (Andrade, 2005) descreve um trabalho interdisciplinar para alunos de 8ª série criando experimentos de baixo custo utilizando filtros de papel celofane;

(iv) descreve aspectos elétricos do sistema cardiovascular humano. Este trabalho (Orsatto; Souza, 2007) relaciona a eletricidade no organismo humano, sistema cardíaco e o funcionamento de um marca-passo;

(v) estuda a transmissão de calor e a sensação térmica. Os autores (Queiroz; Dickman, 2009) traçam uma relação do calor com fenômenos ligados ao corpo humano como suor, temperatura corpórea, transmissão de calor do corpo para substâncias diferentes e apresentam novamente a experiência das bacias (vide trabalho (i));

(vi) relação entre Física e Nutrição. Os autores (Sodré; De Mattos, 2005) apresentam um levantamento feito em livros didáticos de Nutrição sobre a interdisciplinaridade dessas duas ciências. São discutidos conceitos comuns às duas disciplinas como energia, entropia, respiração celular, metabolismo;

(vii) relação entre Biologia e Física. Souza e Ferreira (2010) associam a fotossíntese ao eletromagnetismo correlacionando Física, Química e Biologia;

(viii) relação entre Física, Química e Biologia. Araújo e Nonenmacher (2009) fazem um levantamento dos diferentes enfoques dados ao conceito de energia em livros dessas áreas.

Verificou-se que, independente de qual foi o produto do trabalho, todas as obras citadas acima mostram e concluem sobre a importância da interdisciplinaridade.

Uma análise em livros didáticos de Física do Ensino Médio mostrou que eles descrevem muito sucintamente conteúdos de Física relacionando-os a aspectos biológicos. Na grande maioria dos livros-texto, que tratam destes assuntos, a parte interdisciplinar referente à Física e à Biologia se restringe a uma breve explicação sobre o ouvido humano (relacionado ao assunto som); ao olho humano (relacionado a lentes)

e a relação calórica de alimentos e gasto energético. Essa abordagem se dá com uma figura ilustrativa e um sucinto texto onde são apresentadas as principais partes do órgão sensor ou tabelas envolvendo aspectos energéticos.

Os livros consultados foram os seguintes: “Imagens da Física: as idéias e as experiências do pêndulo aos quarks” (Amaldi, 1997); “Física Fundamental” (Bonjorno *et al.*, 1999); “Física” (Gref, 1999); “Curso de Física” (Luz; Álvares, 2000); “As faces da Física” (Carron; Guimarães, 2002); “Física para o ensino médio” (Gonçalves Filho; Toscano, 2002); “Física conceitual” (Hewitt, 2002); “Física” (Gaspar, 2003); “Os fundamentos da Física” (Ramalho *et al.*, 2003); “Os fundamentos da Física” (Ramalho Junior; Ferraro; Soares, 2003); “Física: de olho no mundo do trabalho” (Luz; Álvares, 2004); “Física básica” (Ferraro; Soares; Fogo, 2009); “Física” (Fukui; Molina; Oliveira, 2009).

Os livros-texto apresentam estes assuntos, usualmente, como tópicos especiais e na maioria dos casos não fazem relação do órgão sensor com as sensações causadas ou com as concepções alternativas que essas sensações podem acabar criando. Em outros, esses assuntos não são citados ou quando apresentados o fazem sem muita significação. Não foram encontradas referências sobre tato, olfato, paladar ou sistema de equilíbrio em livros-texto de Física para o Ensino Médio.

Foram também encontrados na literatura vários trabalhos ou apostilas relacionadas à área de Neurociência e Fisiologia do corpo humano empenhados em explicar os sentidos e as suas percepções (*e. g.* Santos, 2000; Bear; Connor; Paradiso, 2017), mas nenhum dos textos apresenta um caráter interdisciplinar voltado à educação no Ensino Médio.

No próximo capítulo é discutida a fundamentação teórica deste trabalho.

CAPÍTULO 3 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica deste trabalho baseia-se em duas teorias: a de David Ausubel e a de Gérard Vergnaud.

3.1 Teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel

A teoria de Ausubel nos diz que “o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe; determine isso e ensine-o de acordo” (Moreira, 1999).

Segundo Moreira (1999; 2006a) um dos conceitos centrais da teoria de Ausubel é o da aprendizagem significativa, onde a aprendizagem se dá quando uma nova informação se relaciona através de *subsunçores* e organizadores prévios para fazer a ponte com alguma estrutura importante do conhecimento do indivíduo.

Os *subsunçores* servem de ancoradouros para as novas informações, fazendo a junção do que o indivíduo já sabe com um novo conceito. Para Ausubel, conforme novos conceitos são integrados à estrutura cognitiva do indivíduo, os seus *subsunçores* também sofrem uma mudança, tendo tanto um aumento de abrangência ou grau de abstração, ou tornando-os mais limitados ou pouco desenvolvidos.

Essa aprendizagem pode ocorrer de duas maneiras diferentes: ou por recepção ou por descoberta. Na aprendizagem por recepção, os conceitos são apresentados ao aluno na sua forma final, enquanto na por descoberta, o conteúdo deve ser descoberto pelo aluno. Mas independente da maneira, para ser uma aprendizagem significativa, o novo conteúdo deve se ligar a estrutura cognitiva do aluno de forma não arbitrária e não literal.

Mas um dos requisitos para a aprendizagem ocorrer de forma significativa é que o conteúdo a ser aprendido deve ter um caráter potencialmente significativo, isto é:

- a natureza do material instrucional tem que ser logicamente significativa ou ter um significado lógico. Ou seja, o conteúdo a ser aprendido tem que ser suficientemente não arbitrário e não aleatório, que possa relacionar-se com a estrutura cognitiva já existente;

- o aluno deve ter uma predisposição para relacionar o novo conceito a sua estrutura cognitiva. Isso quer dizer que, independente do material ser potencialmente significativo, se o aluno tiver a intenção somente de memorização, o produto do processo será uma aprendizagem mecânica.

Os primeiros *subsunçores* são adquiridos ainda com o indivíduo como uma criança, onde um processo por descoberta, envolvendo a testagem de hipóteses e generalizações, ajuda a compreensão dos primeiros conceitos.

Segundo Ausubel *et al.* (1978, p. 46, *apud* Moreira, 1999):

Uma vez que significados iniciais são estabelecidos para signos ou símbolos de conceitos, através do processo de formação de conceitos, novas aprendizagens significativas darão significados adicionais a esses signos e símbolos, e novas relações, entre os conceitos anteriores adquiridos, serão estabelecidas.

Os organizadores prévios são facilitadores da aprendizagem e servem de ancoradouro para novos conhecimentos, levando ao desenvolvimento de conceitos *subsunçores* que facilitam a aprendizagem subsequente.

A principal função dos organizadores prévios é de preencher a lacuna existente entre o que o aluno já sabe e o que ele não sabe, a fim de que o processo de aprendizagem venha a ser significativo.

Já o conhecimento do indivíduo e sua estrutura cognitiva têm um alto grau de organização e hierarquia, tendo os elementos mais específicos do conhecimento ligados a aspectos mais gerais. Essa estrutura cognitiva é formada através das representações criadas pelas experiências sensoriais do indivíduo.

Fica claro aqui que, para criar estas representações mentais, as informações externas têm de passar pelos nossos sentidos.

As representações mentais criadas pelo indivíduo são maneiras de “representar” internamente o mundo externo. Pode-se distinguir essas representações mentais como analógicas ou proposicionais.

As analógicas são não-discretas, concretas, organizadas por regras não-rígidas de combinação e específicas, através da qual a informação foi originalmente encontrada. A imagem visual, auditiva, olfativa ou tátil são exemplos de representação analógica.

As representações proposicionais são discretas, abstratas, organizadas segundo regras rígidas e captam o conteúdo ideacional da mente independente da modalidade original na qual a informação foi encontrada, em qualquer língua e através de qualquer dos sentidos.

Em muitos casos, o aluno pode saber o conceito físico correto, mas quando exposto a uma situação que envolva a utilização de um sentido, ele acaba seguindo a interpretação experimental de seu sentido e errando o conceito físico, como no caso de uma colisão de seu corpo com um carro em movimento, tendendo a dizer que a força

maior foi a feita pelo carro no corpo. Neste caso ele está usando como resposta uma representação analógica ao invés de uma proposicional.

3.2 Teoria dos campos conceituais de Gérard Vergnaud

A teoria dos campos conceituais de Vergnaud traz como ideia central que a construção do conhecimento e da aprendizagem significativa se dá através da conceitualização do real (Moreira, 2002). Utilizando a teoria dos campos conceituais como base da essência do desenvolvimento cognitivo do indivíduo, querendo buscar uma aprendizagem significativa, o “ensino-aprendizagem” ou “sujeito em situação” forma conceitos nos discentes que é resultado da interação de um conhecimento prévio com o novo conteúdo aprendido.

“O conhecimento prévio é determinante no progressivo domínio de um campo conceitual, mas pode também, em alguns casos, ser impeditivo” (Moreira, 2002, p. 20).

Essa ideia fecha muito bem nos casos onde nossos sentidos podem nos enganar, nos impedindo de criar uma interpretação correta em relação aos conceitos físicos aceitos.

Para Vergnaud o conhecimento está organizado em campos conceituais, que são um conjunto de situações que relacionam vários conceitos de naturezas distintas.

Campo conceitual é, para ele, um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição. (MOREIRA, 2002, p. 8)

Esses campos são construídos em cima de experiências, maturidade e aprendizagem e que ao comando do indivíduo vão se organizando adquirindo uma forma distinta.

Para Moreira (2002, p. 19):

A teoria dos campos conceituais destaca que a aquisição de conhecimento é moldada pelas situações e problemas previamente dominados e que esse conhecimento tem, portanto, muitas características contextuais. Assim, muitas de nossas concepções vêm das primeiras situações que fomos capazes de dominar ou de nossa experiência tentando modificá-las. No entanto, existe, provavelmente, uma lacuna considerável entre os invariantes que os sujeitos constroem ao interagir com o meio e os invariantes que constituem o conhecimento científico.

Seria impossível considerar que um indivíduo ao chegar em sala de aula já não traga consigo uma bagagem de informação e conhecimento, quase sempre não científica, construída por sua vivência, suas experimentações, utilizando seus sentidos,

analisando o mundo ao seu redor, chegando as suas próprias conclusões, moldando seus campos conceituais.

Acredita-se que o professor ao entender dessa filtragem dada pelos sentidos e antecedendo as conclusões prévias adquiridas pelos alunos, pode acabar facilitando para a correção de conceitos científicos errados.

Para conceitualizar campo conceitual, Vergnaud (1983, *apud* Moreira, 2002) utiliza basicamente três aspectos importantes:

- um conceito não pode ser criado através de uma única situação;
- uma situação não pode ser analisada através de um único conceito;
- a construção de um conceito ou assimilação de uma situação é um processo de longa duração.

Neste ponto o fator interdisciplinaridade tem muito a contribuir. Trabalhar com a variedade de conceitos e disciplinas diferentes fortalece a criação de campos conceituais mais dinâmicos aplicáveis a situações diferentes com um arranjo de repertórios mais generalizáveis.

Na teoria dos campos conceituais de Vergnaud, onde o repertório de esquemas está associado ao desenvolvimento cognitivo, quanto maior a gama de relações traçadas, maior o poder cognitivo do aluno

Para Vergnaud (1983, *apud* Moreira, 2002), o professor tem o papel de mediador, o sujeito que gera a situação problemática instigadora do intercâmbio sujeito-situação, que produz um aumento e a diversidade nos esquemas de ação causando um desenvolvimento cognitivo eficiente.

Acredita-se que os sentidos influenciam diretamente os modelos mentais e, também, que a interdisciplinaridade entre a Física e a Biologia, através de aspectos do corpo humano, enriquecerá este repertório.

Este trabalho tem como finalidade, através da compreensão das informações recebidas mediante os sentidos e sua interpretação, estender as situações onde os alunos podem aplicar, contextualizar ou interpretar conceitos físicos e relacionar conteúdos que possam propiciar uma aprendizagem significativa. Para tal, foram criadas atividades a serem trabalhadas pelos alunos envolvendo situações-problema que contribuam na construção de conceitos ou na assimilação de situações.

Acredita-se que a criação de um material de apoio com caráter interdisciplinar, relacionando a Física às informações obtidas através dos sentidos humanos, venha contribuir para uma aprendizagem significativa; podendo fazer com que o conteúdo a

ser aprendido seja não arbitrário e não aleatório e que possa ser relacionado com a estrutura cognitiva já existente no aluno, ajudando a criar conceitos físicos mais ricos e abrangentes. Esse material poderia ter um papel de facilitador para fazer a ligação entre fenômenos biológicos e físicos.

No Capítulo 4 são apresentadas a metodologia do desenvolvimento do material didático e a descrição de sua implementação.

CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO DO MATERIAL INSTRUCIONAL E SUA IMPLEMENTAÇÃO

Neste capítulo são descritos a metodologia do desenvolvimento do material instrucional - o contexto escolar, os conteúdos de Física e de Biologia abordados, o material instrucional elaborado, e como se deu a sua implementação.

4.1 Contexto escolar

A proposta didática aqui descrita foi aplicada no Colégio João XXIII. Trata-se de uma escola laica e particular, localizada na zona sul de Porto Alegre, RS, que atende desde as series iniciais até o 3º ano do Ensino Médio.

O colégio oferece uma ótima infraestrutura, com uma grande área arborizada, salas amplas e climatizadas, ginásio de esportes, biblioteca, quadras esportivas abertas, escola de música e línguas, mini zoológico dentre outros benefícios. Em todas as salas existem computador com *datashow* e acesso à internet via *wifi* ou cabo.

É também disponibilizado um laboratório de informática com computadores individuais. O colégio não dispõe de laboratório de Física, mas de Ciências, voltado mais para o Ensino Fundamental, que não costuma ser utilizado pelos alunos do Ensino Médio.

Mesmo sendo uma escola com uma mensalidade alta, existem alunos de várias classes sociais, pois a escola disponibiliza bolsas para alunos carentes.

O objetivo inicial era a aplicação dessa proposta didática para alunos das turmas de terceiro ano, 3A (29 alunos), 3C (29 alunos) e 3E (27 alunos), os quais têm 3 períodos semanais de Física (2 nas segundas e 1 nas quartas-feiras). Suas aulas são de segunda a sexta das 7h40min até 12h50min, com mais dois dias de aulas à tarde (segundas e quartas-feiras) na primeira metade do ano letivo.

A implementação desse trabalho se deu na forma de uma oficina extraclasse em período inverso. A participação foi voluntária, uma vez que a maioria dos alunos do 3º ano desta escola frequenta cursos pré-vestibulares, de forma que não dispõem de tempo para outras atividades extraclasse. Foram programados dois encontros (dia 28 de agosto e 18 setembro de 2015) com início às 14h e término às 18h. Por esses motivos, somente dez alunos participaram da oficina em todas as atividades e instrumentos.

A realização da oficina se deu na sala de aula da turma 3E, que dispõe de um computador e um *datashow*.

4.2 Conteúdos abordados

As atividades da oficina trabalhadas com os alunos/participantes foram concebidas na forma de apresentações em *Power Point*. No final do segundo encontro, além da discussão dos assuntos em uma abordagem interdisciplinar e como avaliação da compreensão dos alunos, foi aplicado um teste sobre os conteúdos discutidos nos dois encontros. Complementando a atividade desse encontro, cada aluno construiu individualmente um mapa conceitual a partir de um mapa conceitual esqueleto proposto pelo professor. Cabe mencionar que esses alunos já tinham familiaridade com mapas conceituais por já terem trabalhado com este instrumento na 8ª série do Ensino Fundamental associado à disciplina de história e filosofia). Como última etapa da oficina, foi aplicado um questionário onde se procurou verificar a opinião dos alunos participantes sobre aspectos da oficina como os temas discutidos, a interdisciplinaridade entre Física e Biologia, entre outros.

No desenvolvimento do material dessa proposta didática e na sua implementação não se esperava que determinado conteúdo já tivesse sido abordado anteriormente em outra disciplina ou mesmo na disciplina de Física. Embora alguns dos conteúdos de Biologia discutidos no material instrucional façam parte de programas de Ensino Médio, os professores dessa disciplina do Colégio não costumam trabalhar estes assuntos, principalmente por falta de tempo. Isto dificultou uma colaboração conjunta com professores de Biologia do Colégio na elaboração das atividades com abordagem interdisciplinar.

No entanto, o autor deste trabalho buscou a assessoria de professores de Biologia e profissionais da área¹ discutindo aspectos biológicos durante a produção do material instrucional.

4.3 Material instrucional elaborado e sua implementação

O material instrucional produzido, baseia-se em duas atividades, cada uma inicia com uma apresentação em *PowerPoint*, com animações. Como seria solicitado aos alunos a construção de um mapa conceitual a partir de um mapa conceitual esqueleto, foi discutida também, através de uma apresentação, uma introdução sobre a

¹ Professor Augusto Brail Jr. e professor Lucas Fursternau de Oliveira. Discussões privadas.

metodologia de mapas conceituais (MC) (seção A.3 do Apêndice). Essa apresentação sobre MC foi concluída exemplificando-se com dois mapas conceituais discutindo as relações existentes entre os conceitos interdisciplinares tratados nos dois encontros (subseções A.3.1.1 e A.3.1.2 do Apêndice). Faz parte também desse material um teste objetivo sobre assuntos discutidos na oficina, apresentado na seção A.4 do Apêndice, que foi respondido pelos alunos.

Os conteúdos escolhidos na área da Física foram: as três Leis de Newton, a Hidrostática e a Lei da Gravitação Universal de Newton. Na área da Biologia, os conteúdos foram: o sentido do tato e a inteligência espacial, o ouvido interno, o sistema de equilíbrio e as transmissões nervosas.

Conforme Ausubel e Vergnaud, o questionamento inicial é de extrema importância para despertar no aluno o desequilíbrio cognitivo sobre situações cotidianas onde conceitos físicos podem ser formados sem um questionamento aprofundado. As situações-problema que se desejava abordar foram apresentadas em questionamentos introdutórios incluídos em cada uma das atividades da oficina. Essas questões iniciais são muito importantes também, como aponta Fazenda (2011, p.26),

O saber perguntar, próprio de uma atitude interdisciplinar, envolve uma arte cuja qualidade extrapola o nível racional do conhecimento. Em nossas pesquisas tratamos de investigar a forma como se pergunta e se questiona em sala de aula, e a conclusão mais genérica e peculiar revela-nos a importância do ato e da forma como a dúvida se instaura — ela será a determinante do ritmo e do contorno que a ação didática contempla.

A primeira atividade - “O ouvido humano e a sensação de imponderabilidade” (seção A.1 do Apêndice), procura traçar uma relação entre a sensação de queda livre e a sentida por um astronauta quando em uma órbita no espaço. Foram introduzidas situações-problema através das questões formuladas aos alunos: “Astronautas que se encontram em órbita, em uma estação espacial, apresentam peso?” “Eles estão livres da gravidade?” “Nossos ouvidos servem como acelerômetros?” “Ou como velocímetros?”.

Inicialmente, demonstrou-se as relações de forças trocadas dentro de um elevador em movimento, inclusive quando o elevador cai em queda livre, utilizando-se as Leis de Newton e a Lei da Gravitação Universal de Newton. A partir dessa discussão, foram comparadas as situações do astronauta em órbita no espaço e de um corpo em queda livre, as sensações envolvidas nesses movimentos e qual a relação entre o ouvido interno e as percepções de equilíbrio e de horizontalidade. Todo o sistema interno do ouvido foi descrito para mostrar como se identificam os movimentos acelerados de maneira tangencial e centrípeta.

A atividade discutida no segundo encontro, intitulada “A percepção corporal como medidor de força” (seção A.2 do Apêndice), busca uma relação entre forças trocadas ou distribuídas em diferentes partes do nosso corpo e as sensações geradas por elas, e pode ser dividida basicamente em duas partes:

1ª parte - Uma relação entre as Leis de Newton e o sentido do tato foi traçada a partir de situações-problema introduzidas nos questionamentos: “A dor sentida por uma pessoa em uma trombada é um bom indicador da intensidade da força recebida?” “Forças iguais atuando em partes diferentes do corpo geram a mesma sensação?”.

Mesmo que os alunos já tivessem trabalhado as três Leis de Newton no 1º ano do Ensino Médio, após os questionamentos iniciais foi feita uma breve revisão deste conteúdo. Logo após foram apresentados os fatores biológicos envolvidos nas situações-problema introdutórias, quando foi descrito o funcionamento do sentido do tato com a apresentação dos tipos de receptores presentes na pele e suas funções; como os estímulos chegam ao cérebro; o que é sensibilidade e de que depende.

2ª parte - Uma relação entre a Lei da Gravitação Universal de Newton, as Leis de Newton e a hidrostática é utilizada para o estudo da percepção corporal dentro de fluídos e quando uma pessoa se encontra em queda livre. Para tal, foram introduzidas as seguintes situações-problema: “Ao entrar em uma piscina o seu peso se altera?” “A sensação de um astronauta em órbita é a mesma de flutuar na água?”. Novamente fatores biológicos são importantes para essa discussão. Como, por exemplo, os conceitos de sensibilidade, de receptores neuromusculares e de tensão muscular devem ser apresentados para a compreensão das sensações.

Basicamente, a segunda parte dessa atividade tem como finalidade evitar as concepções alternativas que a sensação do tato ou a percepção corporal podem, por interpretação ingênua do ponto de vista científico, acabar criando.

Esses dois temas dentro de uma abordagem interdisciplinar foram escolhidos por dois principais motivos: primeiro, por estarem presentes em assuntos para os quais os alunos costumemente trazem concepções erradas quando abordados e questionados em sala de aula. Afirmações como: - *se eu der um soco no rosto de alguém, certamente a força que o rosto recebeu é maior que a força que a mão recebeu*; - *ao entrar em uma piscina o corpo fica mais leve*; - *um astronauta em órbita não tem peso ou não sofre com a gravidade (está em gravidade zero)*; - *temos apenas cinco sentidos*; estão presentes nas respostas apresentadas pelos alunos; e, segundo, porque não são abordados nos livros de Ensino Médio tanto de Física (pois fogem das discussões

usualmente presentes sobre o ouvido - acústica ou olho humano – óptica), como de Biologia.

Como se pretendia que os alunos produzissem um mapa conceitual a partir de um mapa conceitual esqueleto (MCE) proposto pelo professor, tornou-se pertinente uma sucinta apresentação explicando e exemplificando a criação de um mapa conceitual (seção A.3 Apêndice). Na preparação dessa apresentação foram utilizados materiais e exemplos de mapas conceituais disponíveis na página do *software CMapTools* (CMapTools; Novak; Cañas, 2010a; Novak; Cañas, 2010b). A escolha pela aplicação de um mapa conceitual esqueleto se deveu ao tempo reduzido para a construção do mapa pelos alunos. Acreditou-se que a produção de um mapa conceitual completo exigiria muito tempo.

Ao final da exposição introdutória sobre mapas conceituais, foram mostrados dois exemplos de mapas construídos com os assuntos abordados na oficina. O primeiro mapa conceitual é sobre Leis de Newton e algumas aplicações e o segundo, sobre características do ouvido interno e algumas sensações a ele associadas (apresentados respectivamente nas subseções A.3.1.1 e A3.1.2 do Apêndice).

Os mapas conceituais (Moreira, 2006b; Antunes; Faria; Leite, 2013) podem ser utilizados para as mais variadas finalidades e em momentos diferentes das atividades em aula, mas nesse trabalho ele foi aplicado ao final da oficina no intuito de analisar as relações criadas pelos alunos para os novos conceitos interdisciplinares apresentados com aqueles de Física comumente já estudados. Os mapas conceituais, quando construídos pelos alunos, são capazes de dar ao professor uma ótima amostra de como os conceitos estão organizados tanto em nível de sua existência, como da hierarquia e da ligação entre eles.

As características deste trabalho e a forma de sua implementação não justificariam uma avaliação convencional ou mesmo a atribuição de notas aos alunos. Portanto, foi aplicado um questionário objetivo e foi proposta a construção de um mapa conceitual a partir de um MCE com o intuito de verificar a compreensão dos conteúdos. Da mesma forma, a análise avaliativa do mapa conceitual construído pelo aluno não implicou na detecção de acertos e erros.

No próximo capítulo, são discutidos os resultados da implementação da presente proposta didática.

CAPÍTULO 5 – ANÁLISE DOS RESULTADOS DA IMPLEMENTAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA

Conforme já descrito no Capítulo 4, pelo caráter deste trabalho e o formato de sua execução não se justificaria uma avaliação convencional ou mesmo a atribuição de notas aos alunos/participantes. Portanto, no final do segundo encontro da oficina, foram empregados dois instrumentos para estimar a interiorização dos conceitos trabalhados: um questionário objetivo a ser respondido pelos alunos e a construção de um mapa conceitual a partir de um MCE. Fez-se, então, uma análise a partir das respostas do teste e da construção dos mapas conceituais.

Conforme discutido no capítulo anterior, foi dez o número de participantes da oficina que concluíram todas as atividades. Na análise feita e como mostrado a seguir, para resguardar as identidades dos alunos/participantes da oficina, foi atribuído um número a cada um deles².

5.1 Análise das respostas do teste objetivo

Com as respostas do teste foi feito um levantamento mostrando os acertos percentuais por questão de todos os participantes e, depois, de cada aluno. Também foram analisadas as respostas das questões envolvendo os temas discutidos em cada um dos dois encontros da oficina e, para aquelas que apresentaram algumas respostas incorretas, foi feito um gráfico sobre o percentual de respostas de cada alternativa. Nessa análise não foi investigado o motivo que levaram às respostas erradas.

As questões de 9 a 12 do teste objetivo se referem aos assuntos tratados no primeiro encontro (realizado em 28/agosto) da oficina. As questões de número 1 a 8 se referem aos assuntos tratados no segundo encontro (em 18/setembro).

Na Figura 5.1 é mostrado o desempenho percentual dos alunos/participantes em cada questão do teste.

² De acordo com Critérios da Ética em Pesquisa com Seres Humanos, conforme Resolução no. 466/12 do CNS. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2013/res0466_12_12_2012.html. Acesso: 23 out. 2017.

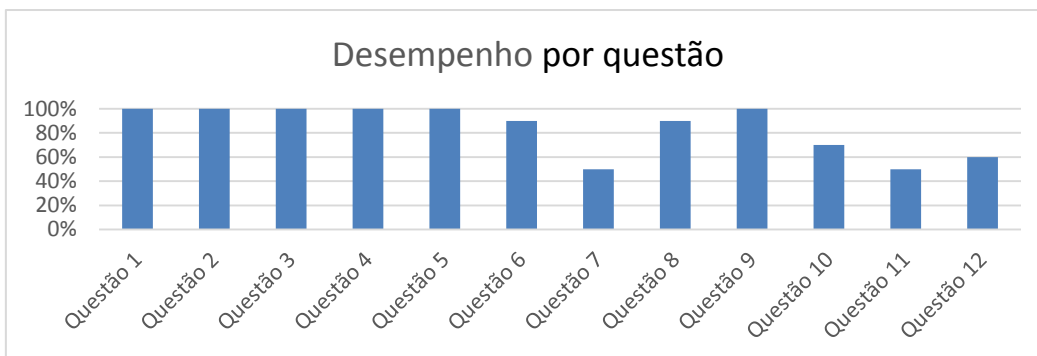


Figura 5.1: Análise do desempenho percentual dos alunos/participantes em cada questão do teste.

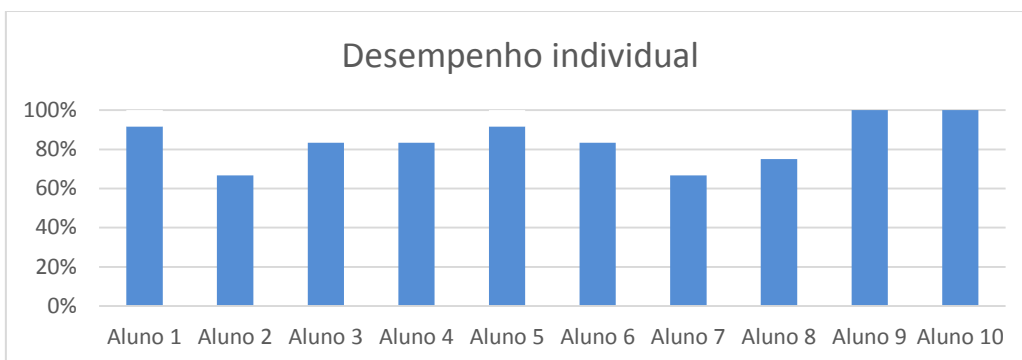


Figura 5.2: Análise do desempenho de cada aluno/participante no teste na forma de percentual de acertos.

Acima, na Figura 5.2, mostra-se o desempenho de cada aluno no teste na forma de percentual de acertos.

Considerando-se as questões do teste referentes aos conteúdos discutidos em cada um dos dois encontros da oficina, se apresenta, a seguir, o percentual de acertos nas questões sobre os conteúdos discutidos no primeiro encontro (Figura 5.3), e no segundo encontro (Figura 5.4), respectivamente.

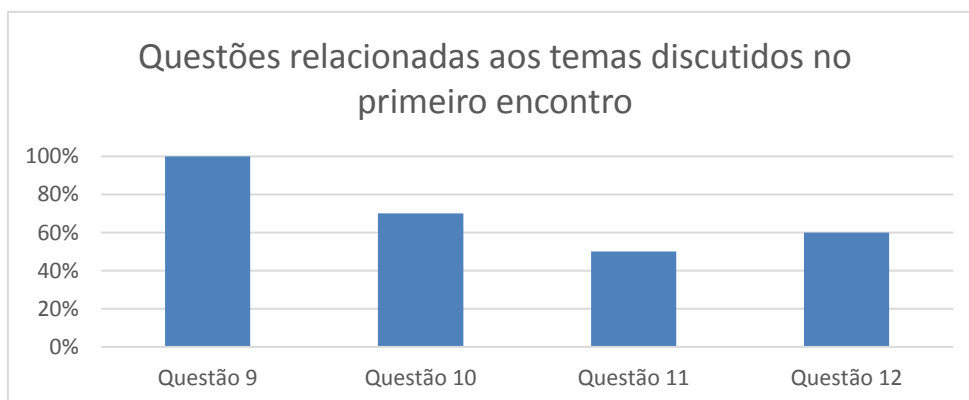


Figura 5.3: Análise do desempenho dos alunos/participantes na forma de percentual de acertos: questões referentes ao que foi discutido no primeiro encontro.

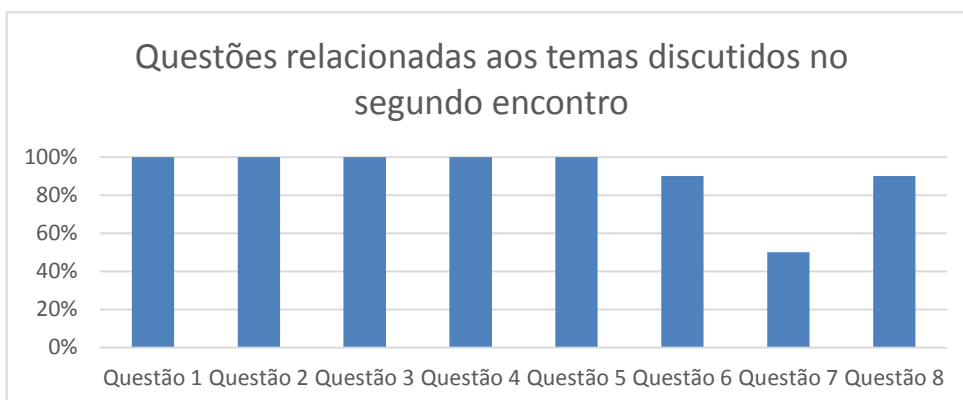


Figura 5.4: Análise do desempenho dos alunos/participantes na forma de percentual de acertos: questões referentes ao que foi discutido no segundo encontro.

As questões de número 1 a 8 se referem aos conteúdos discutidos no segundo encontro, e as de 9 a 12, no primeiro encontro. Nas questões de 1 a 5 (conteúdo do segundo encontro) e 9 (conteúdo do primeiro encontro) todas as respostas apresentadas pelos alunos estavam corretas (conforme gráficos nas Figuras 5.4 e 5.3, respectivamente).

Para as demais questões, as respostas apresentadas pelos alunos se distribuem entre as alternativas. Desta forma, nas Figuras 5.5 a 5.10 são apresentados os percentuais de respostas correspondentes a cada uma das cinco alternativas, respectivamente para as questões de número 6 a 12 (excetuando-se a questão 9). A seguir, é apresentado o texto de cada uma dessas questões, onde a alternativa correta está grifada em negrito.

Questão 6: Ao fluuarmos em um fluido, como por exemplo na água de uma piscina, nosso peso se altera?

- a) sim, tanto que temos a sensação de estarmos mais leves.
- b) sim, pois a pressão hidrostática faz com que nosso peso diminua.
- c) **não, pois a força gravitacional que o planeta aplica em nosso corpo não sofreu alteração.**
- d) não, pois a massa de água da piscina também está sendo empurrada pelo nosso corpo.
- e) sim, pois o empuxo acabará cancelando a força peso.

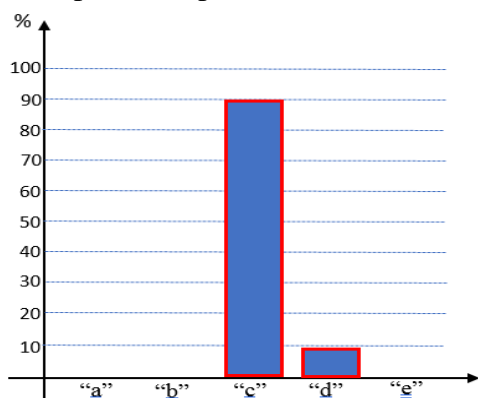


Figura 5.5: Percentual de respostas apresentadas em cada alternativa da Questão 6.

Questão 7: Em uma filmagem da N.A.S.A., um astronauta, que se encontra em órbita ao redor da Terra, parece estar “flutuando” dentro da nave. Sobre a força gravitacional que a Terra exerce sobre o astronauta, pode-se dizer que:

- a) ela é praticamente inexistente, pois o campo gravitacional produzido pela Terra é muito fraco fora de sua atmosfera.
- b) ela vale zero, pois não existe peso para corpos em órbita.
- c) ela vale zero, pois no vácuo não existe gravidade.
- d) ela não é muito diferente da força gravitacional recebida pelo astronauta aqui no solo, mesmo que os sentidos do astronauta lhe deem a impressão de flutuar.**
- e) ela não é muito diferente da força gravitacional recebida pelo astronauta aqui no solo, pois o peso do astronauta é uma propriedade que depende apenas da massa do astronauta e não de sua localização.

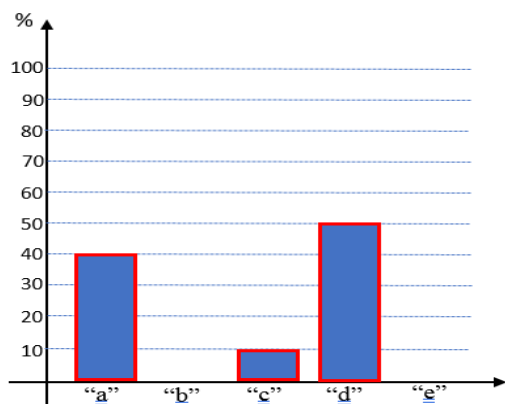


Figura 5.6: Percentual de respostas apresentadas em cada alternativa da Questão 7.

Questão 8: Ao percebermos uma força externa recebida pelo nosso corpo, essa percepção dependerá:

- a) apenas do módulo da força recebida.
- b) apenas da região onde a força atua.
- c) da deformação que essa força gera na área de recepção.
- d) do módulo da força, da região que atua e da interpretação dada pelo cérebro.**
- e) da massa do corpo que aplica a força.

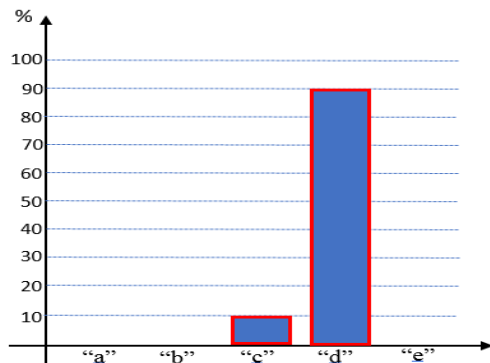


Figura 5.7: Percentual de respostas apresentadas em cada alternativa da Questão 8.

Questão 10: Qual é ou quais são as funções do ouvido humano?

- a) Escutar sons.
- b) Escutar sons e identificar velocidades.
- c) **Escutar sons e identificar acelerações.**
- d) Escutar sons e perceber deslocamentos.
- e) Escutar sons e infrassons.

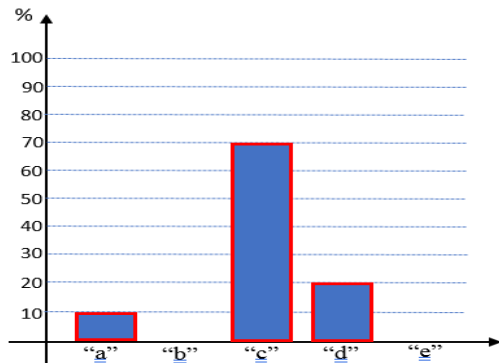


Figura 5.8: Percentual de respostas apresentadas em cada alternativa da Questão 10.

Questão 11: Se colocarmos um indivíduo dentro de um vagão de trem, que se move com velocidade vetorial constante e que se encontra com todas as janelas e portas fechadas (de tal maneira que ele não possa olhar para fora), seus sentidos seriam capazes de identificar a velocidade com que o vagão se move?

- a) Sim, pois grandes velocidades podem estimular nossa pele.
- b) Sim, pois nosso ouvido é capaz de funcionar como um velocímetro.
- c) Sim, pois em altas velocidades os fluidos do nosso corpo são capazes de variar a pressão feita em nossos órgãos internos.
- d) **Não, pois nossos sentidos apenas identificam variações de velocidade.**
- e) Não, pois a velocidade é uma grandeza relativa.

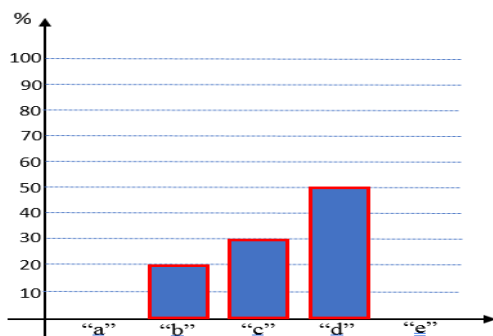


Figura 5.9: Percentual de respostas apresentadas em cada alternativa da Questão 11.

Questão 12: O ônibus espacial *Atlantis* foi lançado ao espaço com cinco astronautas a bordo e uma câmera nova, que iria substituir uma outra danificada por um curto-circuito no telescópio *Hubble*. Depois de entrarem em órbita, a 560 km de altura, os astronautas se aproximaram do *Hubble*. Dois astronautas saíram da *Atlantis* e se dirigiram ao telescópio. Ao abrir a porta de acesso, um deles exclamou: “Esse telescópio tem a massa grande, mas o peso é pequeno”. Considerando o texto e as leis de Kepler, pode-se afirmar que a frase dita pelo astronauta

- a) se justifica porque o tamanho do telescópio determina a sua massa, enquanto seu pequeno peso decorre da falta de ação da aceleração da gravidade.
- b) se justifica ao verificar que a inércia do telescópio é grande comparada a dele próprio, e que o peso do telescópio é pequeno porque a atração gravitacional criada por sua massa era pequena.
- c) não se justifica, porque a avaliação da massa e do peso de objetos em órbita tem por base as leis de Kepler, que não se aplicam a satélites artificiais.
- d) **não se justifica, porque a força-peso é a força exercida pela gravidade terrestre, neste caso, sobre o telescópio e é a responsável por manter o próprio telescópio em órbita.**
- e) não se justifica, pois a ação da força-peso implica a ação de uma força de reação contrária, que não existe naquele ambiente. A massa do telescópio poderia ser avaliada simplesmente pelo seu volume.

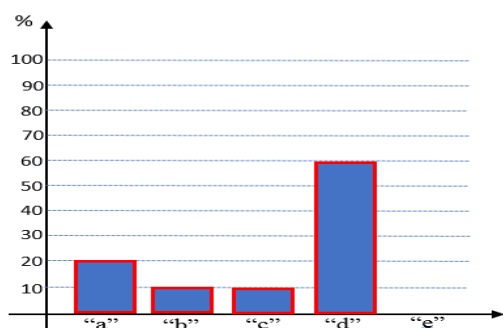


Figura 5.10: Percentual de respostas apresentadas em cada alternativa da Questão 12.

Os resultados das respostas apresentadas pelos alunos no teste objetivo podem ser considerados satisfatórios, levando-se em conta que os alunos não haviam estudado anteriormente parte dos conteúdos presentes nas discussões, como a Lei da Gravitação Universal de Newton, de hidrostática (assuntos referentes à disciplina de Física), dos sentidos (tato, ouvido e equilíbrio) e do sistema nervoso (assuntos referentes à disciplina de Biologia).

É importante ressaltar que o teste foi aplicado no segundo encontro, no dia 18 de setembro, 21 dias após o primeiro encontro (28 de agosto). O intervalo temporal entre a primeira atividade e a aplicação do teste também pode ter influenciado nas respostas das questões 10 a 12.

5.2 Análise dos mapas conceituais construídos pelos alunos

O segundo instrumento usado para estimar o entendimento dos conceitos trabalhados foi a construção pelos alunos de um mapa conceitual a partir de um mapa conceitual esqueleto (MCE) proposto. O mapa conceitual esqueleto, que lhes foi entregue envolve os principais conceitos trabalhados na oficina. Conforme o que havia

sido discutido com os participantes acerca de um MCE, eles foram instruídos a usar as informações encontradas nas caixas na parte inferior do mapa, estabelecendo conexões com os conceitos já disponíveis (nas caixas superiores), que já apresentavam algumas conexões. A informação dada aos alunos foi que poderiam usar os conceitos presentes nas caixas inferiores ou, até mesmo, incluir outros que achassem adequados.

Após a produção de um mapa conceitual pelos alunos é apropriado se fazer uma discussão sobre a organização dos conceitos e conectores por eles utilizados. No uso de mapas conceituais é prática corrente se fazer uma avaliação recursiva: possibilitar que o aluno possa aperfeiçoar o mapa produzido, que é novamente corrigido pelo professor. Pela dinâmica dessa oficina, não se dispunha de tempo para fazer uma avaliação recursiva. Portanto, os mapas criados pelos alunos ao final do último encontro e aqui apresentados estão em sua forma original. Isto se deveu à dificuldade na participação dos alunos em mais atividades extraclasse, que não permitiu mais um encontro de conclusão.

Com o objetivo de se fazer uma apreciação dos mapas construídos pelos alunos foi utilizado um protocolo simples desenvolvido a partir da reflexão sobre alguns aspectos que se considerou relevantes (Tabela 5.1). Essa análise não tem a finalidade de identificar acertos ou erros quanto aos conceitos ou ligações por eles empregados.

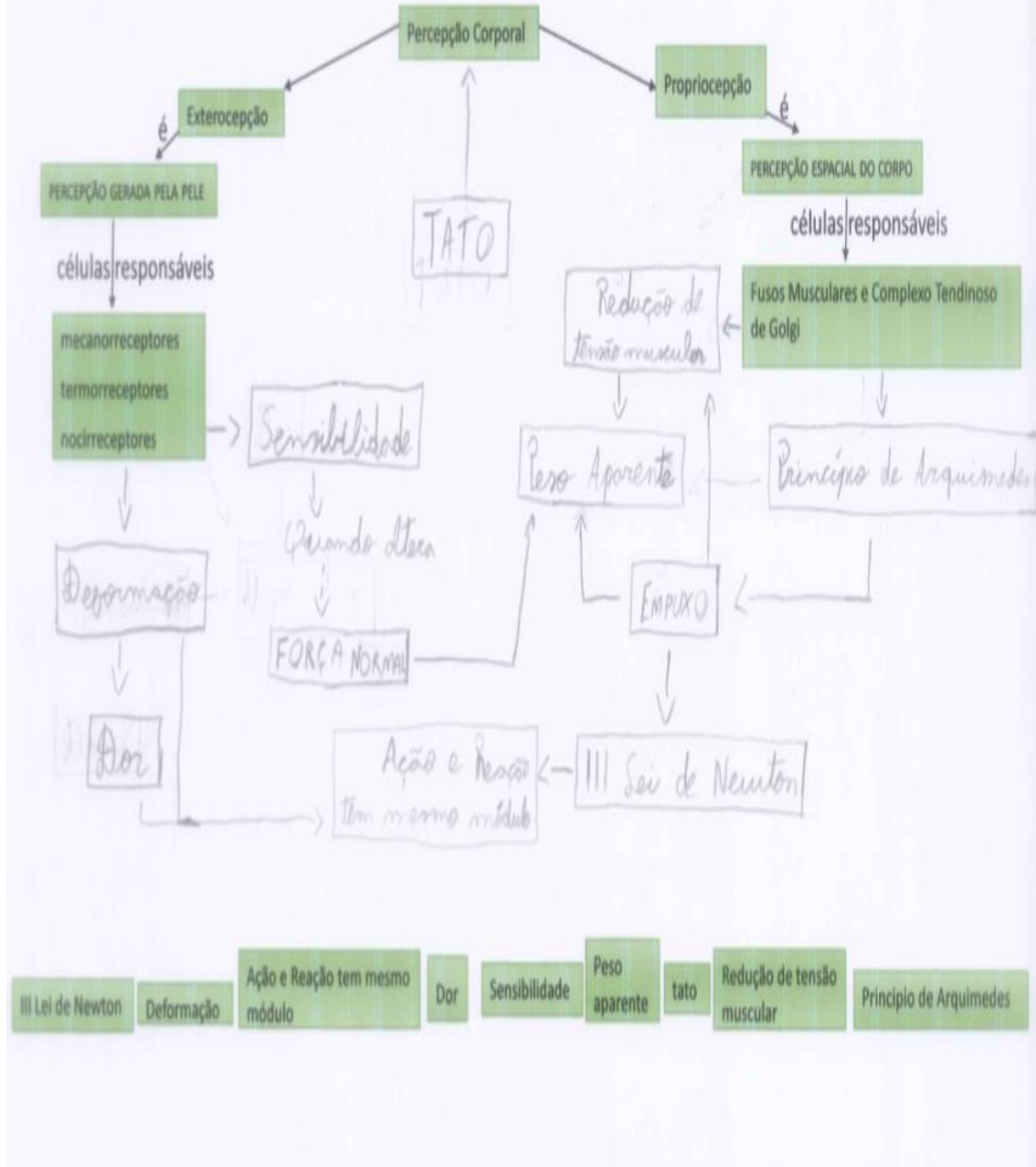
Tabela 5.1: Protocolo criado para análise dos mapas conceituais construídos pelos alunos/participantes.

Aluno nº	Não	Parcialmente	Sim
Conseguiu ampliar o mapa esqueleto proposto?			
O mapa conceitual esqueleto proposto apresenta uma hierarquia. Pode ser identificada que a hierarquia foi mantida no mapa conceitual construído?			
Usou adequadamente os conceitos sugeridos?			
Incluiu conectores ou palavras de ligação?			
Introduziu novos conceitos?			

O mapa conceitual esqueleto entregue aos alunos pode ser visualizado na subseção A.3.2 do Apêndice. Ele é composto dos principais conceitos trabalhados, onde foi pedido que as informações encontradas nas caixas na sua parte inferior fossem conectadas às caixas superiores onde já existiam algumas conexões. Não foi colocado como obrigatório o uso de todas as caixas, como também o seu uso exclusivo.

Abaixo, nas Figuras 5.11 a 5.20, são mostrados os mapas conceituais construídos pelos alunos a partir do MCE proposto. Cada mapa conceitual mostrado é seguido da análise correspondente, para a qual se utilizou o protocolo (Tabela 5.1).

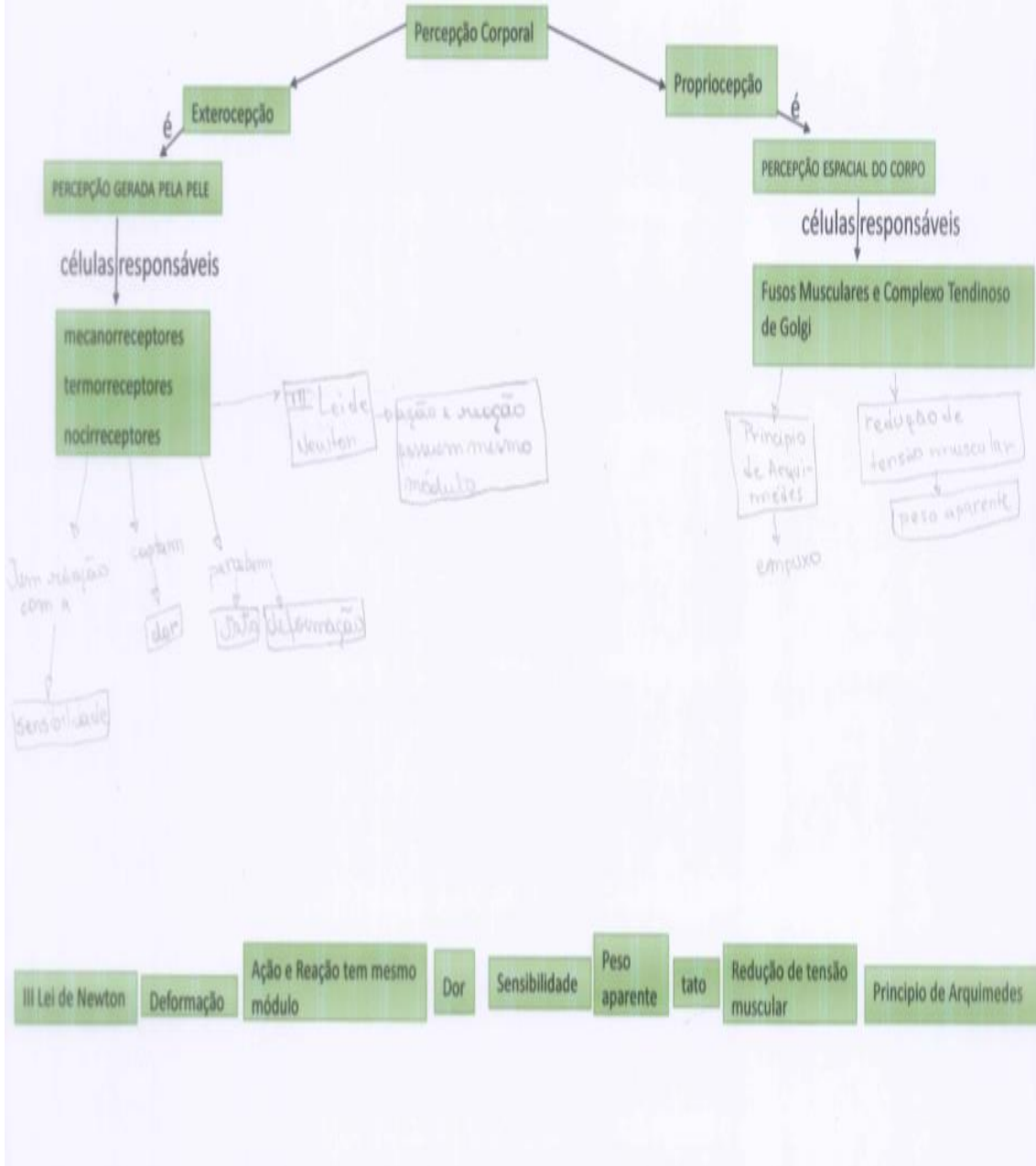
Aluno 1



Aluno nº 1	Não	Parcialmente	Sim
Consegui ampliar o mapa esqueleto proposto?			x
O mapa conceitual esqueleto proposto apresenta uma hierarquia. Pode ser identificada que a hierarquia foi mantida no mapa conceitual construído?			x
Usou adequadamente os conceitos sugeridos?			x
Incluiu conectores ou palavras de ligação?	x		
Introduziu novos conceitos?		x	

Figura 5.11: Mapa conceitual construído pelo Aluno 1 e a análise feita usando-se o protocolo.

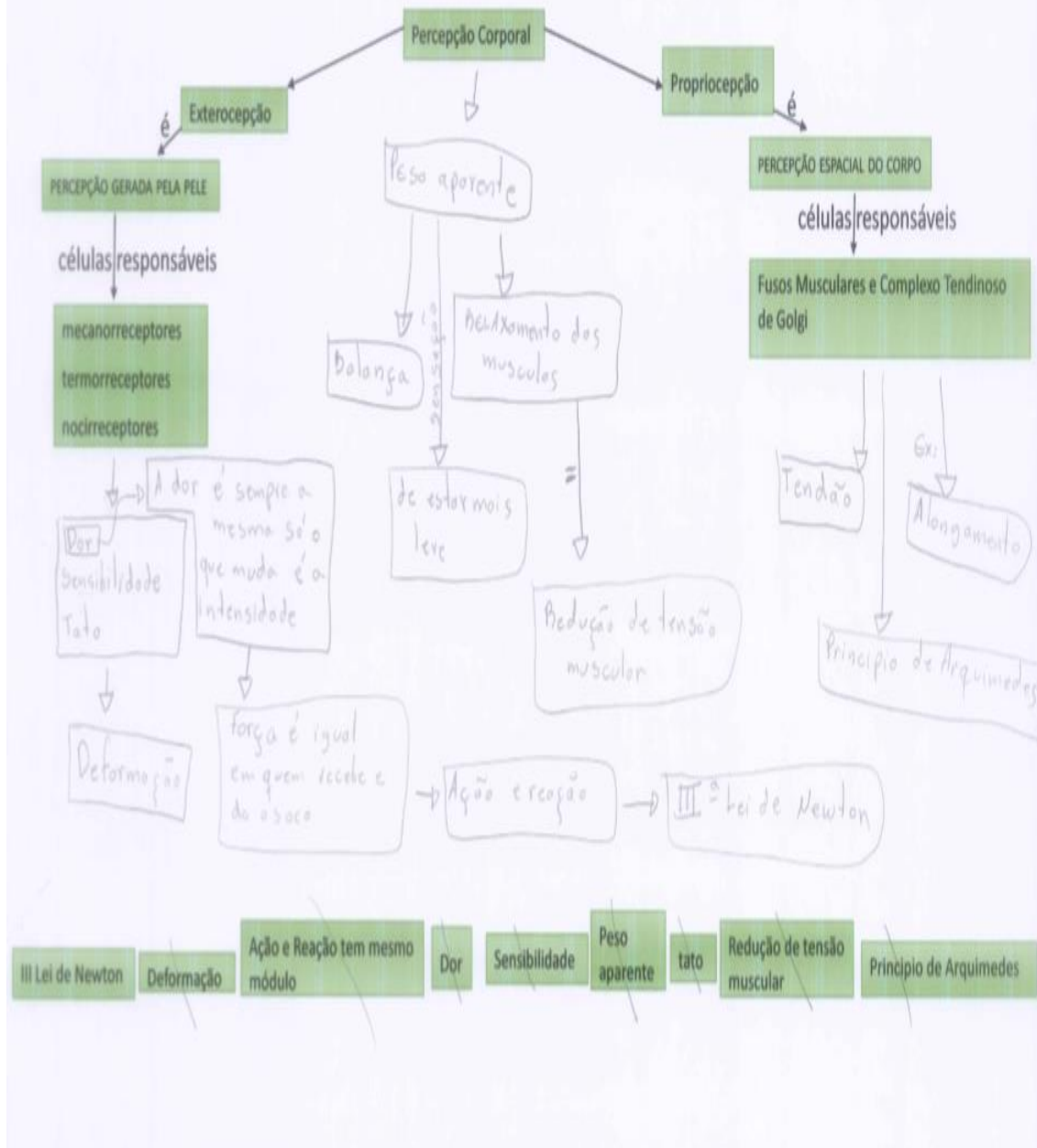
Aluno 2



Aluno nº 2	Não	Parcialmente	Sim
Consegui ampliar o mapa esqueleto proposto?			x
O mapa conceitual esqueleto proposto apresenta uma hierarquia. Pode ser identificada que a hierarquia foi mantida no mapa conceitual construído?		x	
Usou adequadamente os conceitos sugeridos?			x
Incluiu conectores ou palavras de ligação?			x
Introduziu novos conceitos?		x	

Figura 5.12: Mapa conceitual construído pelo Aluno 2 e a análise feita usando-se o protocolo.

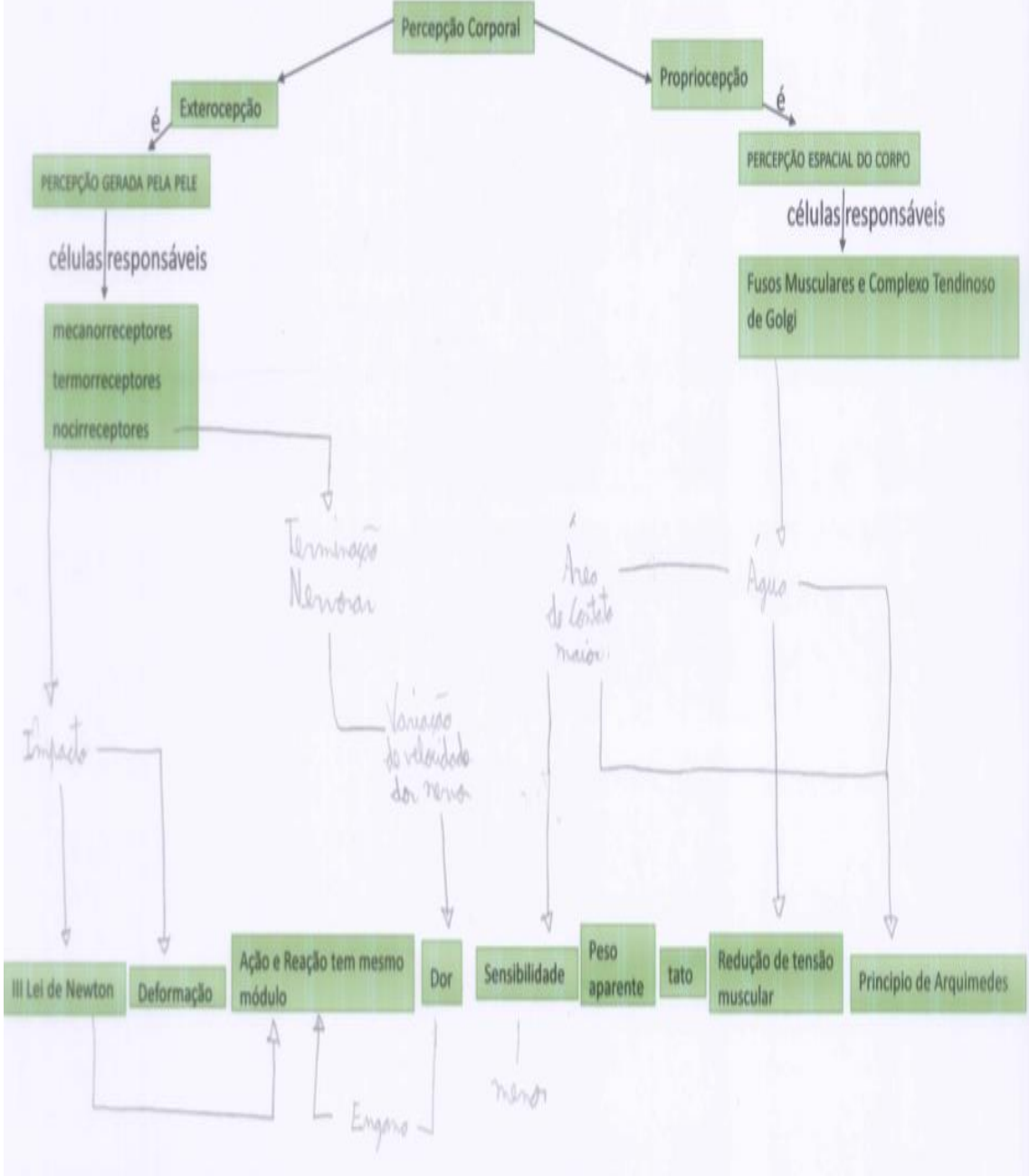
Aluno 3



Aluno nº 3	Não	Parcialmente	Sim
Conseguiu ampliar o mapa esqueleto proposto?			x
O mapa conceitual esqueleto proposto apresenta uma hierarquia. Pode ser identificada que a hierarquia foi mantida no mapa conceitual construído?			x
Usou adequadamente os conceitos sugeridos?		x	
Incluiu conectores ou palavras de ligação?		x	
Introduziu novos conceitos?		x	

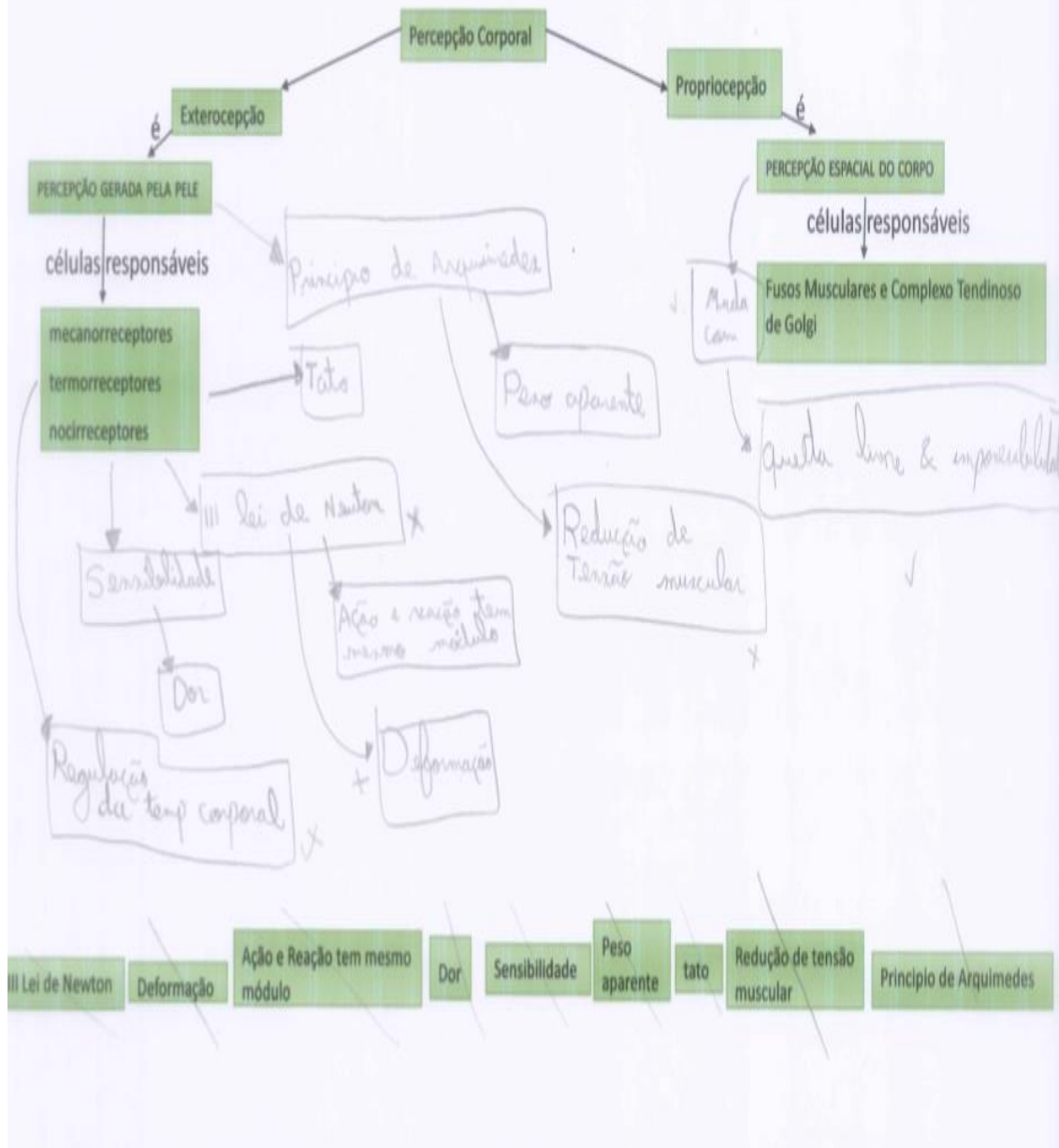
Figura 5.13: Mapa conceitual construído pelo Aluno 3 e a análise feita usando-se o protocolo.

Aluno 4



Aluno nº 4	Não	Parcialmente	Sim
Conseguiu ampliar o mapa esqueleto proposto?		X	
O mapa conceitual esqueleto proposto apresenta uma hierarquia. Pode ser identificada que a hierarquia foi mantida no mapa conceitual construído?			X
Usou adequadamente os conceitos sugeridos?		X	
Incluiu conectores ou palavras de ligação?			X
Introduziu novos conceitos?	X		

Figura 5.14: Mapa conceitual construído pelo Aluno 4 e a análise feita usando-se o protocolo.



Aluno nº 5	Não	Parcialmente	Sim
Conseguiu ampliar o mapa esqueleto proposto?			X
O mapa conceitual esqueleto proposto apresenta uma hierarquia. Pode ser identificada que a hierarquia foi mantida no mapa conceitual construído?			X
Usou adequadamente os conceitos sugeridos?			X
Incluiu conectores ou palavras de ligação?	X		
Introduziu novos conceitos?		X	

Figura 5.15: Mapa conceitual construído pelo Aluno 5 e a análise feita usando-se o protocolo.

Aluno 6



Aluno nº 6	Não	Parcialmente	Sim
Consegui ampliar o mapa esqueleto proposto?			x
O mapa conceitual esqueleto proposto apresenta uma hierarquia. Pode ser identificada que a hierarquia foi mantida no mapa conceitual construído?			x
Usou adequadamente os conceitos sugeridos?			x
Incluiu conectores ou palavras de ligação?			x
Introduziu novos conceitos?			x

Figura 5.16: Mapa conceitual construído pelo Aluno 6 e a análise feita usando-se o protocolo.

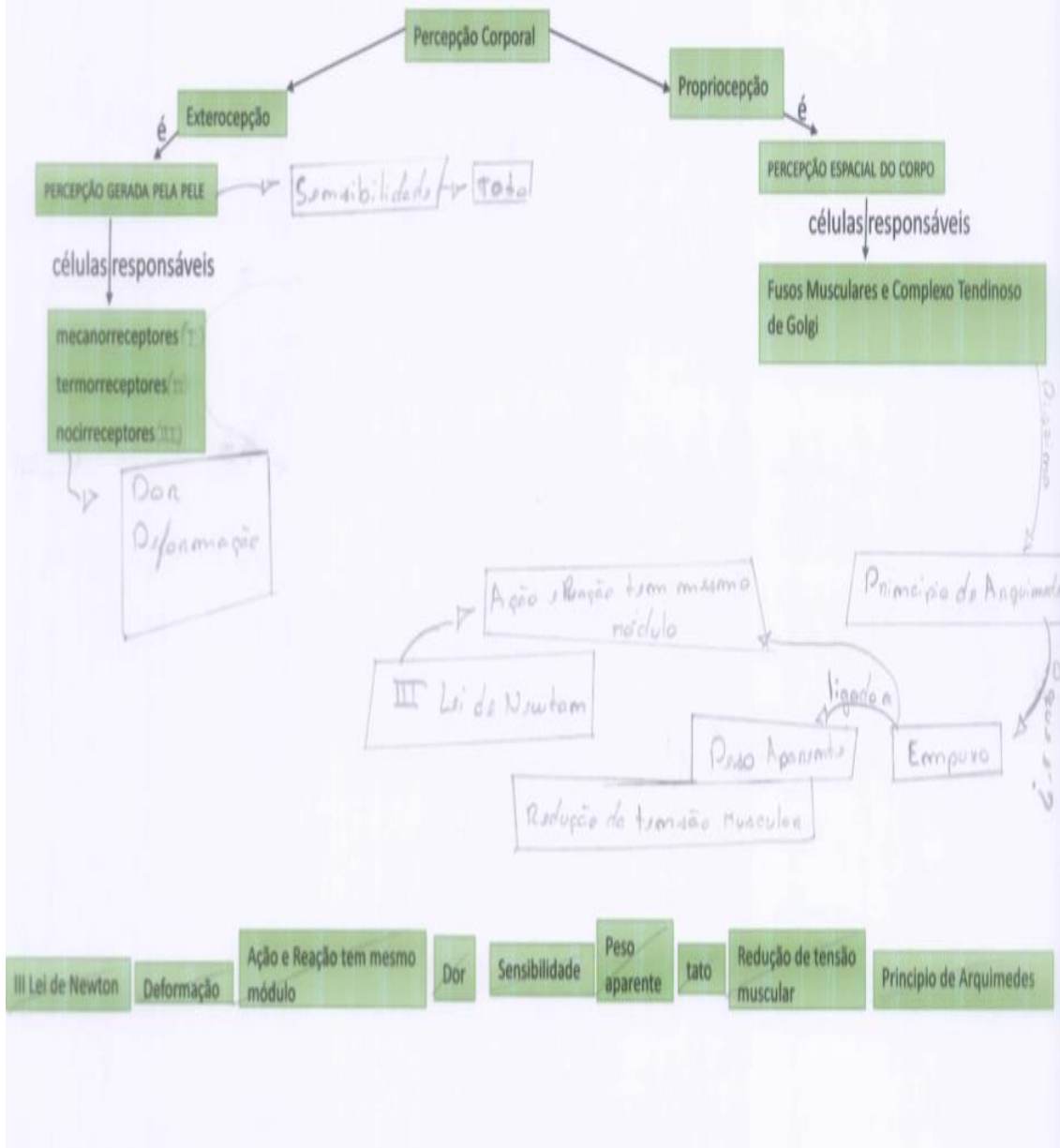
Aluno 7



Aluno nº 7	Não	Parcialmente	Sim
Conseguiu ampliar o mapa esqueleto proposto?			x
O mapa conceitual esqueleto proposto apresenta uma hierarquia. Pode ser identificada que a hierarquia foi mantida no mapa conceitual construído?			x
Usou adequadamente os conceitos sugeridos?			x
Incluiu conectores ou palavras de ligação?		x	
Introduziu novos conceitos?			x

Figura 5.17: Mapa conceitual construído pelo Aluno 7 e a análise feita usando-se o protocolo.

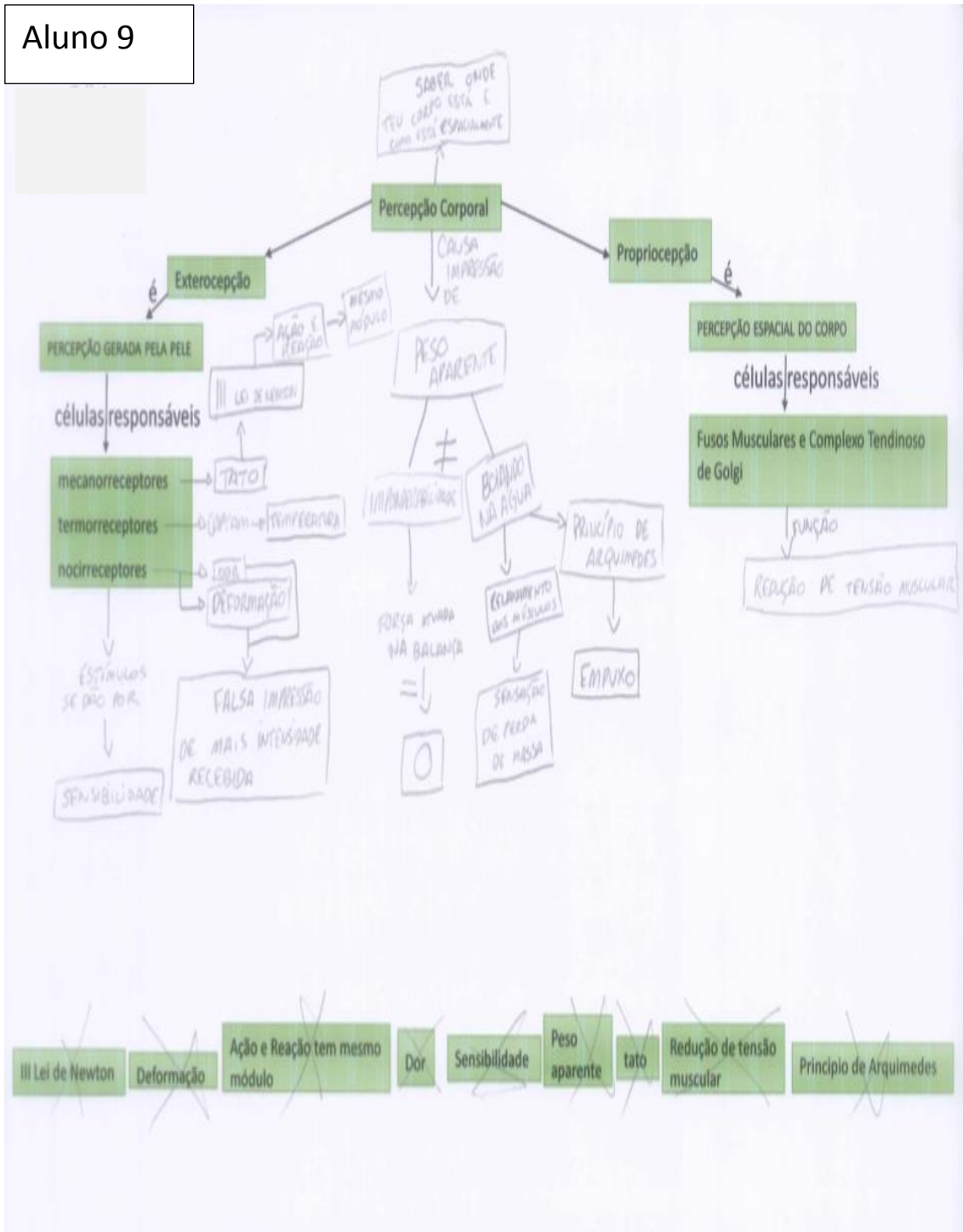
Aluno 8



Aluno nº 8	Não	Parcialmente	Sim
Conseguiu ampliar o mapa esqueleto proposto?		x	
O mapa conceitual esqueleto proposto apresenta uma hierarquia. Pode ser identificada que a hierarquia foi mantida no mapa conceitual construído?		x	
Usou adequadamente os conceitos sugeridos?		x	
Incluiu conectores ou palavras de ligação?		x	
Introduziu novos conceitos?	x		

Figura 5.18: Mapa conceitual construído pelo Aluno 8 e a análise feita usando-se o protocolo.

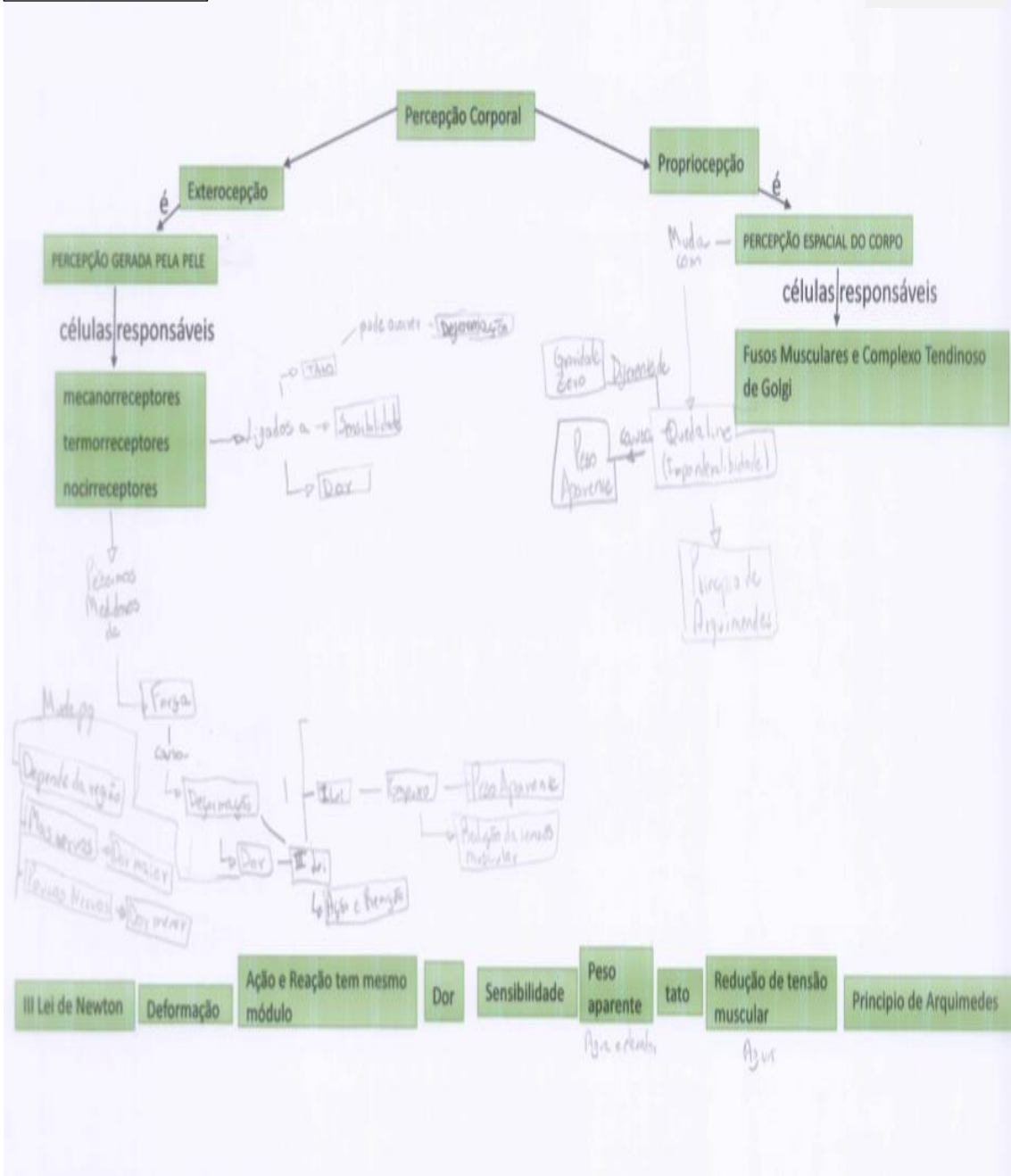
Aluno 9



Aluno nº 9	Não	Parcialmente	Sim
Conseguir ampliar o mapa esqueleto proposto?			x
O mapa conceitual esqueleto proposto apresenta uma hierarquia. Pode ser identificada que a hierarquia foi mantida no mapa conceitual construído?			x
Usuou adequadamente os conceitos sugeridos?			x
Incluiu conectores ou palavras de ligação?		x	
Introduziu novos conceitos?			x

Figura 5.19: Mapa conceitual construído pelo Aluno 9 e a análise feita usando-se o protocolo.

Aluno 10



Aluno nº 10	Não	Parcialmente	Sim
Conseguiu ampliar o mapa esquelito proposto?			X
O mapa conceitual esquelito proposto apresenta uma hierarquia. Pode ser identificada que a hierarquia foi mantida no mapa conceitual construído?			X
Usou adequadamente os conceitos sugeridos?			X
Incluiu conectores ou palavras de ligação?			X
Introduziu novos conceitos?			X

Figura 5.20: Mapa conceitual construído pelo Aluno 10 e a análise feita usando-se o protocolo.

Como a oficina ocorreu em apenas dois encontros, não foi possível uma discussão com os alunos sobre os mapas por eles produzidos.

Os resultados para cada um dos itens utilizados para a análise dos mapas conceituais construídos pelos alunos são mostrados abaixo, respectivamente, nos gráficos (a) a (e) da Figura 5. 21.

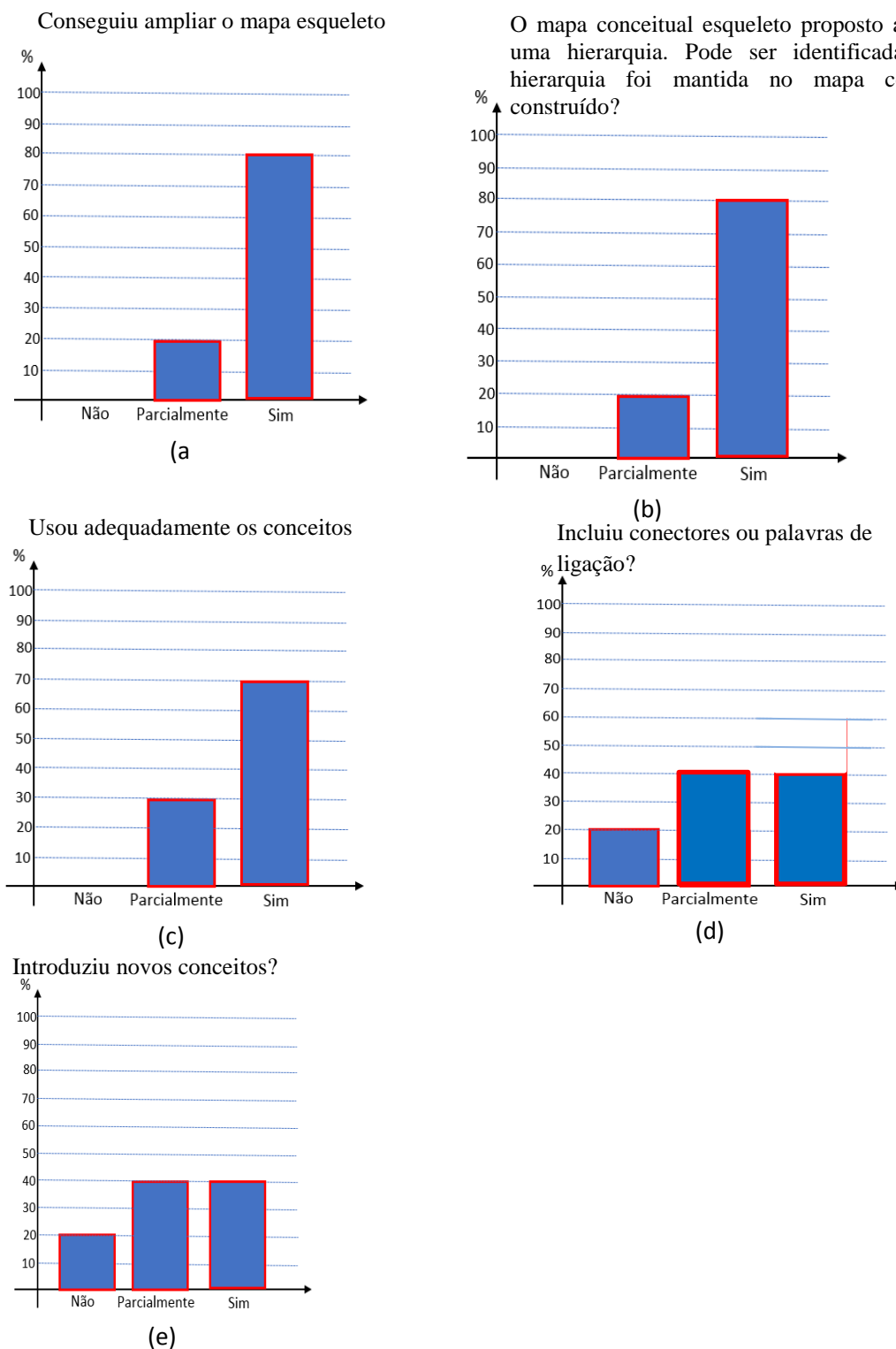


Figura 5.21: Os resultados percentuais para cada uma dos cinco itens do protocolo são mostrados, respectivamente nos gráficos (a) a (e).

O objetivo da construção de um mapa conceitual pelos alunos foi a de verificar como cada aluno interiorizou os conceitos interdisciplinares discutidos nos dois encontros da oficina e a conexão com os conhecimentos já existentes no seu cognitivo.

Em muitos casos o mapa conceitual construído pelo aluno não demonstra claramente seu raciocínio. Isto se deve, em alguns casos, a falta de prática nessa construção. Esse é um dos motivos que muitas vezes se torna conveniente um momento posterior à produção do mapa conceitual para discussão/debate e correção feitas com todo o grupo de alunos.

Como já descrito acima, a análise feita aqui se deu a partir do mapa construído inicialmente pelo aluno. A partir da análise se pode concluir que houve uma retenção de maneira não arbitrária dos conteúdos apresentados na oficina. A maioria dos alunos conseguiu desenvolver seu mapa conceitual a partir do MCE sobre os assuntos apresentados, demonstrando relações adequadas entre os conceitos. Aparentemente, ficou clara a distinção entre as Leis Físicas e as sensações geradas nas situações descritas, onde a maioria dos alunos conseguiu relacionar os conteúdos da Física e da Biologia.

5.3 Análise das respostas do questionário de opinião

Ao final dos encontros foi aplicado um questionário de opinião sobre a oficina tanto referente aos assuntos debatidos, quanto ao interesse e visão do aluno sobre a importância da interdisciplinaridade. Foi informado aos alunos participantes que não se identificassem ao responder o questionário, para não haver nenhum tipo de intimidação, dando mais liberdade para o aluno expor suas impressões.

Abaixo na Figura 5.22 são apresentados os resultados do questionário de opinião respondido pelos alunos participantes.

AVALIAÇÃO DO CURSO

OBS: - Não é necessário se identificar

- Preencha cada aspecto utilizando os seguintes critérios:

I = Insuficiente; R = Regular; B = Bom; MB = Muito bom.

1. Tópicos de física abordados	
2. Tópicos de biologia abordados	
3. Discussões realizadas	
4. Maneira de como foi conduzido o curso e as atividades	
5. Sequência dos tópicos abordados	
6. Questão interdisciplinar	
7. Qualidade do material apresentado	
8. Pontualidade e aproveitamento do tempo do curso	
9. Carga horária	
10. Pré-requisitos	
11. Pode ser considerado um curso	

Percentual das respostas

I	R	B	MB
0%	0%	0%	100%
0%	0%	10%	90%
0%	0%	10%	90%
0%	0%	10%	90%
0%	0%	30%	70%
0%	0%	10%	90%
0%	0%	30%	70%
0%	0%	50%	50%
0%	0%	40%	60%
0%	20%	10%	70%
0%	0%	0%	100%

Itens adicionais	
1. Considero que fui um participante/aluno	
2. Tenho a impressão de que o que e quanto aprendi neste curso foi...	
3. Considero meu interesse por física e biologia	
4. Considero a interdisciplinaridade importante como facilitador da aprendizagem como sendo ferramenta...	

Percentual das respostas

I	R	B	MB
0%	0%	60%	40%
0%	0%	20%	80%
0%	10%	50%	40%
0%	0%	20%	80%

Comentários, críticas e/ou sugestões:

Figura 5.22: Questionário de opinião apresentado aos alunos e seus resultados.

As respostas dos alunos mostram que eles são favoráveis à aplicação da proposta didática interdisciplinar e seus conteúdos. Quando perguntados sobre os pré-requisitos para o entendimento da oficina responderam regular (20%), bom (10%) e muito bom (70%). No entanto, como já comentado anteriormente, não se esperava que eles tivessem os pré-requisitos para a compreensão dos conceitos interdisciplinares discutidos. Depois, ao serem perguntados do seu interesse por Física e Biologia as respostas ficaram entre regular (10%), bom (50%) e muito bom (40%). Foi colocado um item para eles comentarem, criticarem ou fazerem sugestões, para o qual só foi apresentado um comentário: “- talvez exemplos com vídeos”.

No Capítulo 6 são apresentadas as considerações finais.

CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram apresentadas a criação e a implementação de um material instrucional interdisciplinar envolvendo conteúdos de Física e de Biologia na tentativa de fortalecer conceitos de Física já existentes no cognitivo do aluno de Ensino Médio.

Os professores de Física do Ensino Médio são confrontados constantemente por conceitos criados pelos alunos sobre determinados assuntos. Muito desses conceitos podem ter sido desenvolvidos no cognitivo do aluno a partir de sua percepção sensorial.

A introdução de questionamentos sobre situações vividas, sentidas ou observadas pelos alunos associados a indagações sobre as leis e conceitos físicos envolvidos, pode gerar um desequilíbrio cognitivo com influências positivas para o seu aprendizado.

Acredita-se que um material didático interdisciplinar pode propiciar vinculações entre conceitos aparentemente independentes e pode promover o fortalecimento e a retenção dos conteúdos envolvidos.

Esta proposta didática interdisciplinar foi aplicada na forma de uma oficina, no turno inverso, em dois encontros de 4 horas cada um, a um grupo de 10 alunos de Ensino Médio do Colégio João XXIII, no ano letivo de 2015. O número baixo de participantes se justifica pelo fato de que a maioria dos alunos do 3º ano desta escola frequenta cursos pré-vestibulares e não dispõem de tempo para outras atividades extraclasse. A sua implementação se deu na forma de uma oficina extraclasse pelos motivos mencionados anteriormente (no capítulo 4), acredita-se, no entanto, que essa proposta possa ser executada como parte das atividades em sala de aula a critério do professor.

No desenvolvimento do material e na sua implementação não se esperava que determinado conteúdo já tivesse sido abordado anteriormente em outra disciplina ou mesmo na disciplina de Física. Na elaboração do material instrucional com abordagem interdisciplinar, o autor desse trabalho buscou a assessoria de professores de Biologia e profissionais da área discutindo os aspectos biológicos.

Os conteúdos escolhidos na área da Física foram: as três Leis de Newton, a Hidrostática e a Lei da Gravitação Universal de Newton. Na área da Biologia, os conteúdos foram: o sentido do tato e a inteligência espacial, o ouvido interno, o sistema de equilíbrio e as transmissões nervosas.

Conforme Ausubel e Vergnaud, o questionamento inicial é de extrema importância para despertar no aluno o desequilíbrio cognitivo sobre situações cotidianas onde conceitos físicos podem ser formados sem um questionamento aprofundado. As situações-problema que se desejava abordar foram apresentadas em questionamentos introdutórios incluídos em cada uma das atividades da oficina.

As atividades, discutidas nos dois encontros, foram “O ouvido humano e a sensação de imponderabilidade” e “A percepção corporal como medidor de força”. Em cada uma delas, situações-problema eram introduzidas através de questionamentos, a partir dos quais eram discutidos os conteúdos interdisciplinares usando-se uma apresentação em *PowerPoint*. Foi discutida, também, uma introdução sucinta da metodologia de mapas conceituais, exemplificando-se com dois mapas numa discussão das relações existentes entre os conceitos tratados nas duas atividades. Para verificar a compreensão dos conteúdos discutidos nas atividades, os alunos construíram um mapa conceitual e responderam a um teste de conhecimentos.

Pelo caráter deste trabalho e o formato de sua execução não se justificaria uma avaliação convencional ou mesmo a atribuição de notas aos alunos/participantes. Então, no final do segundo encontro da oficina, foram empregados dois instrumentos para estimar a interiorização dos conceitos trabalhados: um questionário objetivo a ser respondido pelos alunos e lhes foi proposta a construção de um mapa conceitual a partir de um mapa conceitual esqueleto. Fez-se, então, uma análise a partir das respostas do teste e dos mapas conceituais construídos.

Considerando-se as respostas dos alunos para as questões do teste objetivo, considera-se que os resultados foram satisfatórios, levando-se em conta que os alunos não haviam estudado anteriormente parte dos conteúdos das discussões e o fato do teste ter sido aplicado 21 dias após o primeiro encontro, o que pode ter influenciado suas respostas para as questões 10 a 12.

O objetivo da construção de um mapa conceitual pelos alunos foi verificar como cada aluno interiorizou os conceitos interdisciplinares discutidos na oficina e a conexão com os conhecimentos já existentes em sua estrutura cognitiva. A partir da análise dos mapas conceituais construídos se pode concluir que houve uma retenção de maneira não arbitrária dos conteúdos apresentados na oficina. A maioria dos alunos conseguiu desenvolver seu mapa conceitual a partir do MCE proposto, demonstrando relações adequadas entre os conceitos. Ao que tudo indica, ficou clara a distinção entre as Leis

Físicas e as sensações geradas nas situações descritas, onde a maioria dos participantes conseguiu relacionar conteúdos da Física e da Biologia.

Ao final dos encontros foi aplicado um questionário de opinião sobre a oficina tanto referente aos assuntos debatidos, quanto ao interesse e visão do aluno sobre a importância da interdisciplinaridade. As respostas dos alunos mostram que eles são favoráveis à aplicação da proposta didática interdisciplinar e seus conteúdos. Suas respostas apresentaram resultados diferentes de bom e muito bom somente nas perguntas sobre os pré-requisitos para o entendimento da oficina e sobre seu interesse por Física e Biologia.

Analisando-se os resultados da implementação deste trabalho pode-se afirmar que um material instrucional interdisciplinar de Física e Biologia é adequado como facilitador para a aprendizagem significativa de conceitos físicos por alunos do Ensino Médio.

REFERÊNCIAS

- AMALDI, U. *Imagens da física: as ideias e as experiências do pêndulo aos quarks*. 1. ed. São Paulo: Scipione, 1997.
- ANDRADE, C. T. J. de. *Luz e cores: uma proposta interdisciplinar no ensino fundamental*. Dissertação. 103f. (Mestrado Profissional em Ensino de Física), Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, UFRGS, 2005.
- ANTUNES, A. M.; FARIA, J. C. N. M.; LEITE, V. R. M. C. Mapas conceituais no ensino de ciências: construindo conhecimentos sobre sistema nervoso. *Experiências em ensino de ciências*, Porto Alegre, v. 8, n. 3, p. 22-38, dez. 2013.
- ARAÚJO, M. C. P. de; NONENMACHER, S. Energia: um conceito presente nos livros didáticos de física, biologia e química do ensino médio. *Poiésis*, Tubarão, v. 2, n. 1, p. 1 – 13, Jan./Jun. 2009.
- BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. *Neurociências: desvendando o sistema nervoso*. 4. ed. (Tradução equipe coordenada por Jorge A. Quillfeldt.). Porto Alegre: Artmed, 2017.
- BONJORNO, J. R. *et al. Física fundamental*. Vol. Único. São Paulo: FTD, 1999.
- BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Brasília, Brasil.
- _____. Ministério de Educação, Conselho Nacional de Educação, Câmara de Educação Básica. *Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Resolução n. 3, de 26 de Junho 1998.
- _____. Ministério de Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio*. Brasília: MEC, 1999. 394p.
- _____. Ministério de Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCNs+- Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais*. Brasília, 2002. 144 p.
- _____. Ministério de Educação, Conselho Nacional de Educação, Câmara de Educação Básica. *Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Resolução n. 2, de 30 de Janeiro 2012.
- CARRON, W.; GUIMARÃES, O. *As faces da física*. vol. único. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2002.
- CMAPTOOLS. Disponível em: <https://cmap.ihmc.us/cmaptools/>. Acesso em: 9 out. 2017.
- COIMBRA J. de A. A. O outro lado do meio ambiente. São Paulo: Cetesb; 1985.
- COIMBRA, J. de A. A. Considerações sobre a interdisciplinaridade. *Interdisciplinaridade em ciências ambientais*, São Paulo, v.1, p. 52-70, 2000.

DE MATTOS, C. R.; DRUMMOND, A. V. N. Sensação térmica: uma abordagem interdisciplinar. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 21, n. 1, p. 7-34, abril 2004.

FAZENDA, I. C. A. *Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro: efetividade ou ideologia*. 6 ed. São Paulo: Edições Loyola 2011

FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T.; FOGO, R. *Física básica*. 3. ed. São Paulo: Atual, 2009.

FUKUI, A.; MOLINA, M. M.; OLIVEIRA, V. S. *Física*. São Paulo: editora SM, 2009.

GASPAR, A. *Física*. 3 vol. São Paulo: Ed. Ática, 2003.

GONÇALVES FILHO, A. ; TOSCANO, C. *Física para o ensino médio*. São Paulo: Scipione, 2002.

GRAF. *Física*. 3 vol. 5. ed. São Paulo: Edusp, 1999.

HEWITT, P. G. *Física conceitual*. 9. ed. (Tradução de Trieste Freira Ricci e Maria Helena Gravina). Porto Alegre: Bookman, 2002.

JAPIASSU, H. *Interdisciplinaridade e patologia do saber*. Rio de Janeiro: Imago Editora, 1976.

LUZ, A. M. R. da; ÁLVARES, B. A. *Curso de Física*. 6. ed. São Paulo: Scipione, 2000.

LUZ, A. M. R. da; ÁLVARES, B. A. *Física: de olho no mundo do trabalho*. São Paulo: Scipione, 2004.

MOREIRA, M. A. *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: Editora pedagógica e universitária, 1999.

_____. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 7-29, mar. 2002.

_____. *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006a.

_____. *Mapas conceituais e diagramas V*. Porto Alegre: Ed. do Autor, 2006b.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. *Expert skeleton concepts maps*. 2010b. Disponível em: <http://cmap.ihmc.us/docs/skeletoncmaps.php>. Acesso em: 9 out. 2017.

ORSATTO, F. S.; SOUZA, T. C. F. de. O sistema elétrico cardíaco humano- a interdisciplinaridade no ensino de ciências. *In: Encontro Estadual de Ensino de Física – RS (2. : 2007 : Porto Alegre, RS Instituto de Física-UFRGS)*, Atas.
RAMALHO, F. Jr.; FERRARO, G. N.; SOARES, P. A. T. *Os fundamentos da física*. 8. ed. São Paulo: Moderna, 2003.

QUEIROZ, M. N. A.; DICKMAN, A. G. Inter-relação entre física e biologia: uma abordagem multidisciplinar para o estudo da transmissão de calor. *In: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Atas, 2009, p. 1-12.*

RAMALHO, F.; NICOLAU, G.; TOLEDO, P.A. *Os fundamentos de física*. 3 vol. 8. ed. São Paulo: Ed. Moderna, 2003.

RUI, L. R. *Uma proposta de introdução de conceitos de física na 8ª série através do som e algumas importantes curiosidades e aplicações do seu estudo*. Dissertação. 156f. (Mestrado Profissional em Ensino de Física), Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, UFRGS, 2006.

SANTOS, B. S.; PACHECO, C. O. A informática no cotidiano escolar: relato de uma experiência didática. *In: PELLANDA, N. M. Ciberespaço: um hipertexto com Pierre Lèvi*. Porto Alegre: Artes e Ofícios Editora, 2000, p.222-247.

SANTOS, M. S. *Construção de um nariz artificial usando redes neurais*. Tese. 190 f. (Doutorado) Pós Graduação em Ciência da Computação, UFPE, 2000.

SODRÉ, F. C. R.; DE MATTOS, C. R. Física e nutrição: um recorte interdisciplinar. *In: V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2005, n. 5, p. 1-11.*

SOUZA, R. R. de; FERREIRA, C. N. Fotossíntese e eletromagnetismo: uma abordagem interdisciplinar para alunos de ciências da natureza. *In: IV Circuito de Iniciação Científica do CEFET Campos, Núcleo de Estudos em Física, CEFET Campos, 2010.*

OBRAS CONSULTADAS

BANKOFF, A. D. P.; BEKEDORF, R. Bases neurofisiológicas do equilíbrio corporal. *Revista Digital*, Buenos Aires, v.11, p. 106, Marzo 2007.

DE CARVALHO JUNIOR, G. D.; AGUIAR JUNIOR, O. G. de. Os campos conceituais de Vergnaud como ferramenta para o planejamento didático. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 25, n. 2, p. 207-227, agosto 2008.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. *Tratado de fisiologia médica*. 11. ed. (Tradução de Barbara de Alencar Martins *et al.*). Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2006.

MOREIRA, M. A.; ROSA, P. R. da S. Mapas conceituais. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis., v. 3, n. 1, p. 17-25, abr. 1986.

NETTER, F. H. *Atlas de anatomia humana*. (Tradução de Fabiana Conti Rosé e outros). Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2008.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, J. A. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. *Práxis Educativa* (Brasil), v 5., n. 1, Enero-Junio, 2010a, *online*. ISSN 1809-4031. Disponível em:
<<http://www.redlyc.org/articulo.oa?id=89413516002>>. Acesso em: 9 out. 2017.

PHILIPPI JR., A.; PELICIONI, M. C. F.; COIMBRA, J. A. A. Visão de interdisciplinaridade na educação ambiental. In: PHILIPPI Jr.,A.; PELICIONI, M. C. F. *Educação ambiental: desenvolvimento de cursos e projetos*. São Paulo: Signus, 2000.

APÊNDICE - MATERIAL INSTRUCIONAL

Neste apêndice é incluído o material instrucional desenvolvido nesta proposta didática. Ele é composto das atividades trabalhadas nos dois encontros da oficina extraclasse, em que este trabalho foi implementado.


O material didático está organizado da seguinte forma: primeiro as duas atividades na forma de apresentações em *Power Point* (seções A.1 e A.2); na seção A.3, a apresentação sobre mapas conceituais, os MC's na forma de exemplos envolvendo os conteúdos discutidos e um mapa conceitual esqueleto proposto aos alunos/participantes para a construção de seu próprio mapa; o teste de conhecimentos e o questionário de opinião sobre aspectos da proposta didática são apresentados, respectivamente, nas seções A.4 e A.5.

A.1 Atividade 1- O ouvido humano e a sensação de imponderabilidade

The image displays four slides from a PowerPoint presentation. The top-left slide is the title slide, featuring the logos of UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) and Instituto de Física. The title is "O ouvido humano e a sensação de imponderabilidade". It lists the author as Mestrando José Antônio da Costa Bocchi and the supervisor as Professora orientadora Rejane Maria Ribeiro Teixeira, dated August 2015. The top-right slide is titled "Objetivo" and contains a cartoon character reading a book next to a speech bubble that states: "Analisar situações como a de um astronauta em uma estação espacial e a de um corpo em queda livre, verificando a relação entre conceitos físicos, associados às Leis de Newton e à Lei da Gravitação Universal, com aspectos fisiológicos do ouvido humano." The bottom-left slide is titled "Questionamentos" and features a cartoon character thinking, surrounded by three thought bubbles with questions: "Existe alguma semelhança entre um corpo em movimento de queda livre e um corpo em órbita em torno da Terra?", "Os astronautas, que estão em órbita em uma estação espacial, são influenciados pela aceleração gravitacional terrestre? Eles apresentam 'peso'?", and "A sensação do astronauta de 'não ter peso' pode ocorrer próximo da Terra? Podemos simular 'gravidade zero'?". The bottom-right slide is also titled "Questionamentos" and features a cartoon character thinking, surrounded by three thought bubbles with questions: "A única finalidade do ouvido humano é captar sons?", "Nossos sentidos são capazes de detectar velocidades? E acelerações?", and "Como o ouvido se manifesta quando o astronauta está em órbita ao redor da Terra? Por que perdemos a horizontalidade?".

Questionamentos

Para responder a esses questionamentos é necessário entender alguns conceitos físicos e o funcionamento dos nossos sentidos!



Imagens: www.symbola-e-emoticons.com

Ao observar a "flutuabilidade" de um astronauta ao redor da Terra:



A gravidade sobre ele é incapaz de puxá-lo?

A gravidade terrestre vale zero neste local?

↓

Lei da Gravitação Universal de Newton

Imagens: www.coboladro.com

Lei da Gravitação Universal

A força gravitacional atrativa entre dois corpos de massa M e m:

- É **proporcional** ao produto de suas massas → $F_G \propto M \cdot m$
- É **inversamente proporcional** ao quadrado da distância entre seus centros de massa → $F_G \propto 1/d^2$

$$F_G = \frac{G \cdot M \cdot m}{d^2} \quad (G \text{ é uma constante!})$$

A força gravitacional da Terra (massa M_T) sobre um corpo (massa m) corresponde ao seu peso:


$$F_G = \text{peso} \Rightarrow \frac{G \cdot M_T \cdot m}{d^2} = m \cdot g \Rightarrow m \cdot g = G \cdot M_T \cdot m / d^2$$

Aceleração da gravidade criada pela Terra: $g = \frac{G \cdot M_T}{d^2}$



Imagens: www.dreamstime.com

Cálculo da Gravidade na superfície da Terra



Massa da Terra: $M \sim 6,0 \cdot 10^{24}$ kg
 Raio equatorial médio da Terra: $R \sim 6400$ km = $6,4 \cdot 10^6$ m

Ponto na superfície da Terra
 Altitude = $h = 0$ m


$$g = \frac{G \cdot M}{d^2} = \frac{G \cdot M}{(R_{\text{terrestre}})^2} = 9,79 \text{ m/s}^2$$

Este é um valor médio, pois a Terra não é uma esfera perfeita. Diferentes pontos sobre sua superfície apresentarão pequenas variações nos valores da aceleração da gravidade.

G = constante de gravitação universal = $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$

Imagens: www.dreamstime.com

Cálculo da aceleração da gravidade na estação Mir



Raio equatorial médio da Terra: $R \sim 6400$ km = $6,4 \cdot 10^6$ m
 Massa da Terra: $M \sim 6,0 \cdot 10^{24}$ kg

$R \sim 6400 \text{ km} = 6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$

$h = 400$ km = Altitude da estação Mir

Distância da estação Mir ao centro da Terra = $h + R_{\text{terrestre}}$

$$g = \frac{G \cdot M}{(h + R_{\text{terrestre}})^2} = 8,67 \text{ m/s}^2$$


Corresponde a 88,5% do valor de g na superfície da Terra!

Imagens: www.dreamstime.com

Questionamentos

Os astronautas em órbita são influenciados pela aceleração gravitacional terrestre?

Eles apresentam peso?



Sim. A aceleração da gravidade na estação espacial tem um valor próximo da aceleração da gravidade na superfície da Terra. É, portanto, errado afirmar que a "gravidade é zero" na altitude da estação espacial

Sim. Eles também apresentam "peso", pois a Terra atrai os astronautas através da força gravitacional.

Imagens: www.symbola-e-emoticons.com



Mas qual é o motivo de encontramos frequentemente a expressão "gravidade zero"? Ou o "astronauta está flutuando"?

Para entendermos esse aspecto, se torna pertinente lembrar da 1ª e da 2ª Leis de Newton e suas aplicações!

Imagens: pic-shoot.space.com

As Leis de Newton

A Primeira Lei de Newton nos diz que:

Se $F_{\text{resultante}} = 0$ então, $v = \text{constante}$, ou seja:

- se o corpo estiver em repouso, permanecerá em repouso
- se o corpo estiver em movimento retilíneo, permanecerá em movimento uniforme em sua trajetória retilínea

A Segunda Lei de Newton nos diz que:

$$\vec{F}_{\text{resultante}} = m \cdot \vec{a}$$

Onde o vetor \vec{a} terá sempre a mesma direção e o mesmo sentido do vetor $\vec{F}_{\text{resultante}}$



Imagens: www.chridaema.com e www.graph.com

Balança no elevador



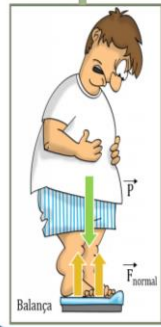
Agora imaginemos um indivíduo que se encontra sobre uma **balança** de banheiro, dentro de um **elevador**, no campo gravitacional terrestre e próximo à superfície da Terra.

Primeiramente precisamos entender a força medida pela balança!

Imagens: www.abolutatv.com

Balança no elevador

$$\vec{a} = \vec{0} \quad \vec{v} = \vec{0} \text{ ou constante}$$



Um erro comum é dizer que o valor da força medida por uma balança é igual ao peso do corpo que está sobre ela. Na verdade a balança não mede nosso peso, mas sim a **força** que nela aplicamos através da sola de nossos pés!

Uma força de mesma intensidade também é aplicada pela balança sobre nossos pés. É através dela que percebemos a **atração gravitacional terrestre**.

Lembre-se da 3ª Lei de Newton: Lei da ação e reação!

* Embora a leitura da balança mostre a massa do corpo, no seu interior é feita a conversão de força para massa

Imagens: www.abolutatv.com

Balança



Se \vec{v} = vetor constante, pela primeira Lei de Newton a resultante das forças que atuam sobre o corpo do indivíduo deve ser nula, então, **obrigatoriamente**:

- A leitura na balança marcará um valor igual ao peso real do indivíduo (ou seja, de módulo igual ao da força que a Terra exerce sobre ele);
- A força que a balança exerce em seu corpo possui módulo igual ao do seu peso.

Essa é a força de apoio normal, \vec{F}_{normal} e terá o mesmo valor (módulo) da força que o indivíduo aplica na balança (3ª Lei de Newton).

A leitura da balança será igual ao módulo da força que o indivíduo exerce sobre ela!

Essa força é um dos fatores responsáveis pela sensação que temos acerca do nosso peso!

Imagens: www.symbola-emotions.com e www.abolutatv.com

Caso 1: Elevador acelerado com aceleração orientada para cima*

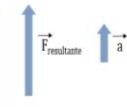
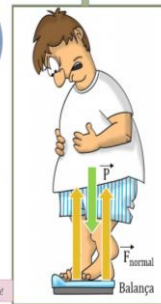


Qual será a leitura da balança quando o elevador estiver acelerado?

No Caso 1, a força que o indivíduo aplicará na balança não será mais numericamente igual ao seu peso. Isto faz com que a leitura da balança seja **maior** que o peso do indivíduo.

Através da 2ª Lei de Newton podemos calcular a força medida pela balança, como mostrado ao lado:

*Aceleração orientada para cima não significa estar subindo!



$$\begin{aligned} F_{\text{normal}} &> P \\ F_{\text{resultante}} &= m \cdot a = F_{\text{normal}} - P \\ F_{\text{normal}} &= m(a + g) \end{aligned}$$

Leitura da balança > peso real

Imagens: www.symbola-emotions.com e www.abolutatv.com

Caso 2: Elevador acelerado com aceleração orientada para baixo*

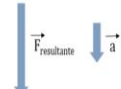
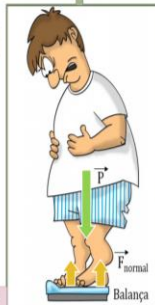


Qual será a leitura da balança quando o elevador estiver acelerado?

No Caso 2, o módulo da força que o indivíduo aplicará na balança será menor que seu peso. Isto faz com que a leitura da balança seja **menor** que o peso do indivíduo.

Através da 2ª Lei de Newton podemos calcular a força medida pela balança, como mostrado ao lado

*Aceleração orientada para baixo não significa estar descendo!



$$\begin{aligned} F_{\text{normal}} &< P \\ F_{\text{resultante}} &= m \cdot a = P - F_{\text{normal}} \\ F_{\text{normal}} &= m(a - g) \end{aligned}$$

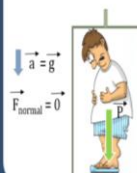
Leitura da balança < peso real

Imagens: www.symbola-emotions.com e www.abolutatv.com

Caso 2: Elevador acelerado com aceleração orientada para baixo*

Ao analisarmos o Caso 2, se o elevador estiver com uma aceleração igual a "g" e direcionada na vertical para baixo, a força trocada entre o indivíduo e a balança é **nula**.

Isso significa que o indivíduo não sente mais a força feita pela balança sobre seus pés!



O indivíduo perde o contato com a balança, deixando de receber a força de apoio

Isso aconteceria se o cabo, que segura o elevador, se rompesse e se não tivéssemos nenhuma força resistiva atuando sobre o elevador

Quando isso ocorre, dizemos que o corpo se encontra em um estado de imponderabilidade, tendo um peso aparente nulo.

Se o indivíduo não tivesse como olhar para fora do elevador, teria a sensação de estar **flutuando** e não de estar em queda livre!

Imagens: www.abolutatv.com

E o astronauta?



Mas afinal, qual é a relação que esse movimento tem com um astronauta em órbita??

Quando um astronauta está em órbita, ele se encontra em um estado de movimento muito semelhante com o do indivíduo no elevador em queda livre. A única diferença é que ele tem uma **velocidade perpendicular à aceleração aplicada pela Terra** como é mostrado a seguir:

Imagens: clipartlibrary.com

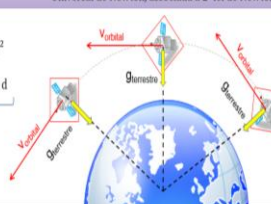
Velocidade orbital

Essa velocidade, tangencial à trajetória, é que evita a colisão da nave com a Terra e é chamada de **velocidade orbital**.

Mas o sistema do nosso corpo, que está associado ao equilíbrio e à orientação espacial, só é capaz de reconhecer **acelerações** e não velocidades, como veremos adiante.

Para um determinado satélite, a velocidade orbital pode ser calculada utilizando-se a Lei da Gravitação Universal de Newton, associada à 2ª Lei de Newton:

$$\begin{aligned} F_g &= G \cdot M \cdot m / d^2 \\ F_{\text{centr}} &= m \cdot v_{\text{orb}}^2 / d \\ v_{\text{orb}} &= \sqrt{\frac{G \cdot M}{d}} \end{aligned}$$



A nave, em órbita, está numa briga de "afasta e puxa". Enquanto a velocidade orbital tenta jogar a nave pela tangente, afastando-a da Terra, a força da gravidade puxa em direção ao centro da Terra.

Velocidade orbital

Esses dois casos são semelhantes, pois tanto o homem no elevador (com $a = g$) quanto o satélite sofrem somente a ação da força da gravidade, ou seja, têm praticamente a mesma aceleração.



Isto é, os astronautas dentro da nave perdem o contato com o seu assoalho e têm a sensação de flutuar dentro dela, como no caso do indivíduo dentro do elevador, que cai em queda livre.



Embora os valores da aceleração gravitacional tenham valores ligeiramente diferentes, as sensações referentes ao equilíbrio são idênticas.



Imagens: www.activityvillage.co.uk e www.astronautwell.com

Questionamento

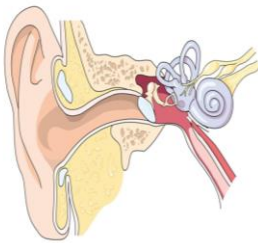


Mas o que causa o chamado "mal do espaço", ou seja, a falta de direção sentida pelos astronautas?

Para entendermos isso precisamos compreender nosso sistema de equilíbrio (**equilíbrioção**) do qual faz parte o **ovulo**, onde uma estrutura chamada **sistema vestibular** reconhece as acelerações tangenciais e centripetas sofridas pelo nosso corpo

Imagens: www.activityvillage.co.uk

Sistema vestibular



Nosso aparelho auditivo tem como função mais conhecida o sentido da audição. Mas sua outra função fundamental é a de nos manter em equilíbrio (**equilíbrioção**) nesse mundo cheio de acelerações.

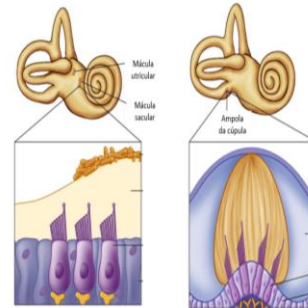
O **sistema vestibular**, que se encontra em nosso **ovulo interno**, é capaz de detectar acelerações, inclinações e como a gravidade está atuando sobre nosso corpo, utilizando relações da mecânica, da hidrodinâmica e da eletrodinâmica.

Imagens: www.what-when-how.com

Sistema vestibular

Este sistema é constituído de três partes:

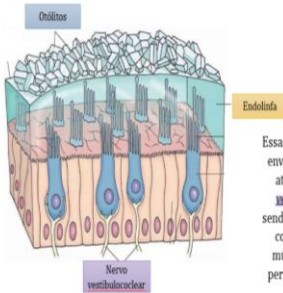
- Utriculo
- Sáculo
- 3 canais semicirculares



Imagens: www.stud4all.com

Sistema vestibular

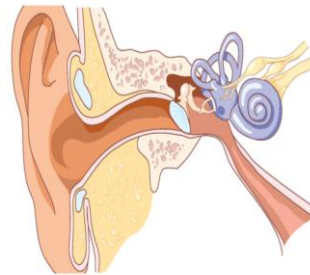
As estruturas, presentes nesse sistema, contêm pequenos corpúsculos chamados **otólitos** e um líquido chamado **endolinfa**. É o movimento dos corpúsculos e do líquido em relação à estrutura membranosa e às células transmissoras que nos ajudam a ficar de pé e a manter o equilíbrio.



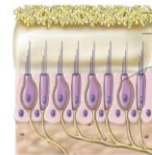
Essas informações são enviadas ao cérebro através do **nervo vestibulococlear**, sendo suficientes para controlar nossos músculos a fim de permanecermos em equilíbrio.

Imagens: www.what-when-how.com

Sistema vestibular

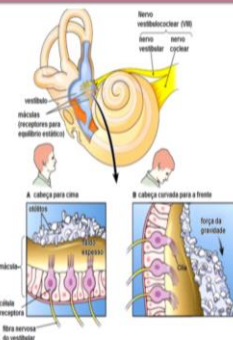


O movimento dos **otólitos** e da **endolinfa** em relação a determinadas **células nervosas** pode excitá-las fazendo com que emitam uma descarga elétrica. Na maior parte das vezes, é essa descarga que avisa ao cérebro como manter o equilíbrio do corpo

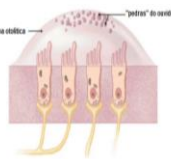


Imagens: utornow2d.wordpress.com

Sistema vestibular



Dentro do **utrículo** e do **sáculo** existem receptores, que informam sobre a relação das orientações da cabeça e das acelerações tangenciais (ou lineares) que o corpo sofre. Esses receptores são chamados de **mácula** e são um conjunto de **células cilíndricas** e de **células de sustentação**.

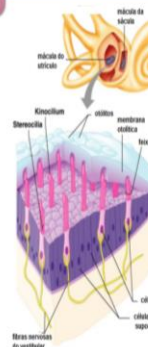


Imagens: www.encyclopedia.hopkinsky.com

Sistema vestibular

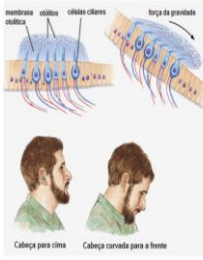
Quando o corpo se encontra em posição ereta, a **mácula sacular** é orientada verticalmente e a **utrícula**, horizontalmente.

Células nervosas da base da **mácula** projetam **cílios** sobre uma massa gelatinosa (a **endolinfa**) na qual estão localizados minúsculos grânulos calcificados - os **otólitos**.

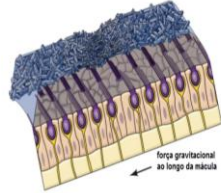


Imagens: www.lesons.unipress.com

Sistema vestibular

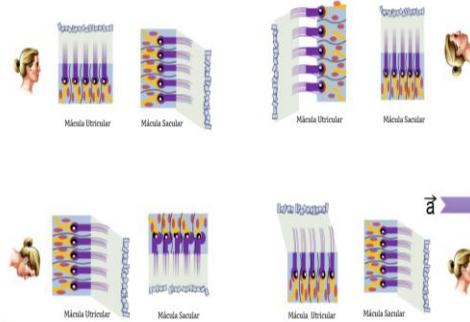


Em geral, na presença de forças externas, os **otólitos** indicam para as **células cilíadas** a direção e o sentido das acelerações tangenciais sofridas pelo corpo, como por exemplo, a aceleração da gravidade.

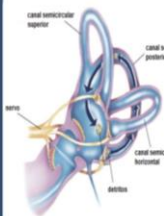


Imagens: www.doctorstihak.com

Sistema vestibular

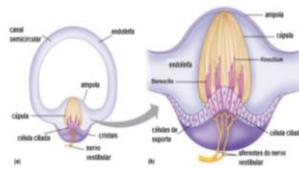


Sistema vestibular

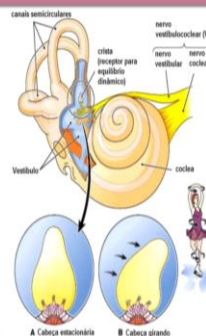


Os **canais semicirculares** são três arcos preenchidos de **endolíngua**, situados em posições perpendiculares entre si.

Na base destes arcos encontra-se uma estrutura chamada de **ampola**, na qual flui a **endolíngua**, empurrando uma estrutura transmissora de impulsos elétricos chamada de **cúpsula**. Na base da **cúpsula** estão as células receptoras e de sustentação.



Sistema vestibular

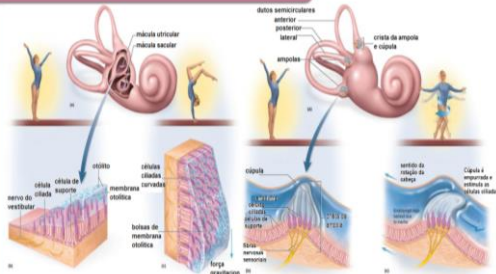


Quando iniciamos uma rotação da cabeça, a **endolíngua** tende a permanecer em repouso e as células receptoras (**células cilíadas**) se deslocam em relação à base.

Ao pararmos de girar a cabeça, a endolíngua tende a permanecer em movimento jogando as células cilíadas para os lados. A cada compressão ou distensão dessas células é emitido um impulso avisando nosso cérebro das acelerações sofridas.

Imagens: www.encyclopedialibegitka.fg.com

Sistema de equilíbrio



Mácula sacular e utricular: identificam as acelerações sofridas pela nossa cabeça, onde a inclinação das **células cilíadas**, através do movimento dos **otólitos**, indica a orientação da aceleração.

Canais semicirculares: identificam movimentos de rotação e acelerações centrípetas sofridas pela cabeça, onde a inclinação da **cúpsula** e das **células cilíadas**, indica em torno de qual eixo nosso corpo está rodando.

Imagens: www.ledfordagodi.com

Sistema vestibular

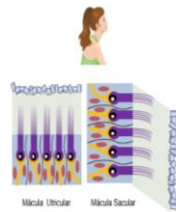


Nos dois casos, fica claro que nosso ouvido não é capaz de identificar velocidades (não funciona como um velocímetro), mas sim acelerações. Isso significa que, em uma situação de repouso ou de deslocamento com velocidade (vetor) constante, ou seja com aceleração nula, as informações transferidas ao cérebro são idênticas.

Sistema vestibular

Conforme estamos parados ou com velocidade vetorial constante, nossas **mácula utricular e mácula sacular** tomam a forma como representada na figura abaixo à direita, indicando para onde aponta a gravidade terrestre.

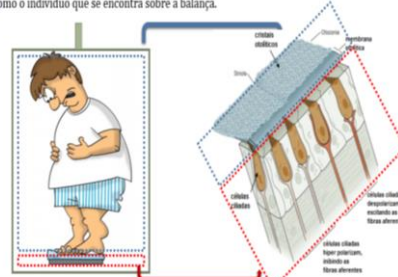
$$a = 0 \quad \text{ou} \quad v = 0 \text{ ou constante}$$



Imagens: www.atozestudo.com

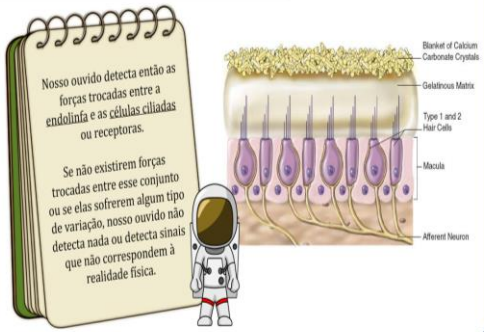
Sistema vestibular

Agora podemos imaginar que a estrutura constituída pelo **utrículo**, pelo **sáculo**, pelos **otólitos** e por mais todas as células cilíadas formam um sistema que se comporta como a superfície da balança dentro do elevador, e os **otólitos**, como o indivíduo que se encontra sobre a balança.



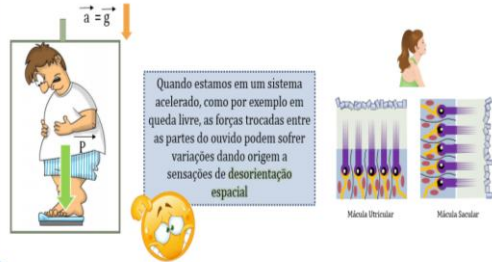
Imagens: www.atozestudo.com e www.studyblue.com

Sistema vestibular



Sistema vestibular

No momento em que nos encontramos em queda livre ou em órbita, os otólitos estarão em estado de imponderabilidade, não flexionando mais as **células nervosas** da base da **macula**.



Imponderabilidade

No caso do astronauta em órbita, ele estará em um sistema acelerado (ele e a nave estão sob ação da força gravitacional), mas seu ouvido, ao não identificar mais o peso dos otólitos, deixa de perceber a aceleração gravitacional ou para onde ela está orientada.



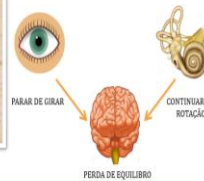
O astronauta tem então a sensação de que a força da gravidade deixou de atuar.

Brincadeira do "Tonto"



Essa mesma sensação acontece com as pessoas que brincam de girar com a testa encostada em uma haste ou taco.

Esse tipo de brincadeira engana o nosso ouvido, pois mesmo depois do corpo ter parado de girar, a inércia da endolinfa faz com que ela continue em movimento.



Vários brinquedos dos parques de diversões causam esse mesmo tipo de sensação.

Eles geram acelerações por alguns instantes, alterando os sinais recebidos pelo nosso sistema de equilíbrio, onde as forças trocadas entre a endolinfa e as células receptoras são alteradas repetidas vezes, tanto em orientação quanto em intensidade, causando desorientação espacial e enjojo.



Montanhas-russas



Montanhas-russas



Dodonpa

A montanha-russa Dodonpa é a que possui a maior aceleração entre todas, os carrinhos vão de 0 a 106 km/h em apenas 1,8 segundos.

Imagens: www.comous.wikiindia.org

Montanhas-russas



Kingda Ka

Atualmente a montanha-russa mais alta do mundo, com 139 m de altura e chega a até 206 km/h, o passeio dura apenas 56 segundos.

Imagens: en.wikipedia.org

Montanhas-russas



Titan

A aventura a bordo da Titan dura cerca de 3 minutos e meio, e em um momento do percurso chega a apresentar uma gravidade negativa.

Imagens: coastergallery.com

Montanhas-russas

Leviathan

É atualmente a montanha-russa mais alta e mais rápida do Canadá. Ela causa a mesma sensação de uma queda livre de um prédio de 28 andares, com uma força gravitacional de 4,5g, parecida com aquela sentida pelos motoristas de Fórmula 1.



Imagens: jsheln.wiki.com

Montanhas-russas

Takabisha

A montanha-russa mais íngreme do mundo. Tem uma queda de 40 metros no ângulo de 121°! Tudo isso com uma bela vista para o Monte Fuji.



Imagens: www.flickrlog.com

Montanhas-russas

Expedition GeForce

É uma das maiores montanhas-russas da Europa, atingindo 120 km/h, 53 metros de altura, num percurso de 1,2 km, com 7 pontos de ausência de gravidade.



Imagens: www.scoaster.net

Montanhas-russas



Tower of Terror II

É a montanha-russa mais alta e rápida do Hemisfério Sul.

Em apenas sete segundos, o trem alcança o topo, oscila um pouco lá em cima e cai num ângulo de 90 graus a mais de 160 km/h.

Imagens: www.pinterest.com

Montanhas-russas



Shambhala: Expedición al Himalaya

Seu ponto mais alto atinge 76 m numa velocidade que chega aos 134 km/h, a mais veloz da Europa.

O brinquedo detém atualmente três registros: a mais alta, com a maior queda e a mais rápida montanha-russa da Europa.

Imagens: www.parqueatematicos.org

Imagens

1. CHRIS DAEMS. Newton, fish and the undeniable power of collaboration. Disponível em <http://www.chrisdaems.com>. Acessado em 1 de agosto de 2015.
2. COASTER GALLERY. Titan: six flags over Texas. Disponível em <http://www.coastergallery.com>. Acessado em 1 de agosto de 2015.
3. Doctor Stridrak. Images. Disponível em <http://www.doctorstridrak.com>. Acessado em 1 de agosto de 2015.
4. ENCYCLOPEDIA LIBROPEDIA. Disponível em <http://www.encyclopedia.libropedia-hg.com>. Acessado em 2 de agosto de 2015.
5. FIK DIX BLOG. Takabisha. Disponível em <http://fikdixblog.com>. Acessado em 2 de agosto de 2015.
6. GO GRAPH. Clipart Accident Ejection. Disponível em <http://www.gograph.com>. Acessado em 2 de agosto de 2015.
7. HD WALLPAPER SOS. Roller coaster. Disponível em <http://www.hdwallpapersos.com>. Acessado em 2 de agosto de 2015.
8. LOOK FOR DIAGNOSIS. Sacrale and Utricle. Disponível em <http://www.lookfordiagnosis.com>. Acessado em 2 de agosto de 2015.
9. Medical school lecture notes. Vestibular system. Disponível em <http://www.mednotes.com>. Acessado em 3 de agosto de 2015.
10. Otternoi's Blog. Auditory and vestibular system. Disponível em <http://www.otternois2do.wordpress.com>. Acessado em 1 de agosto de 2015.
11. PARQUES TEMATICOS. Shambhala. Disponível em <http://www.parquestematicos.org>. Acessado em 1 de agosto de 2015.
12. PINTEREST. Tower of Terror. Disponível em <http://www.pinterest.com>. Acessado em 1 de agosto de 2015.
13. ROLLER COASTER BLOG. Leviathan Coming to Canada. Disponível em <http://http://jsheln.wiki.com>. Acessado em 3 de agosto de 2015.
14. SS COASTER. Expedition GeForce. Disponível em <http://sscoasters.net>. Acessado em 3 de agosto de 2015.
15. Study Blue. Vestibular system. Disponível em <http://www.studyblue.com>. Acessado em 2 de agosto de 2015.
16. What when how. Neuroscience. Auditory and vestibular system. Disponível em <http://www.what-when-how.com>. Acessado em 2 de agosto de 2015.
17. WIKIMEDIA COMMONS. Dodrupa. Disponível em <http://commons.wikimedia.org>. Acessado em 1 de agosto de 2015.
18. WIKIPEDIA. Kingla Ka. Disponível em <http://en.wikipedia.org>. Acessado em 2 de agosto de 2015.

A.2 Atividade 2- A percepção corporal como medidor de força


 Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
 Instituto de Física
 Programa de Pós Graduação em Ensino de Física
 Mestrado Profissional em Ensino de Física



 Instituto de Física

A percepção corporal como medidor de força

Mestrando José Antônio da Costa Bocchi
 Professora orientadora Rejane Maria Ribeiro Teixeira

Agosto de 2015

Objetivo




Analisar situações relacionadas a percepção corporal (tato e cinestesia), como por exemplo, a dor e a deformação sofridas em uma "tombada", a sensação de peso em diferentes condições, verificando a relação entre conceitos físicos, associados às Leis de Newton, com aspectos fisiológicos do corpo humano.

Imagem: www.pixabay.com

Você acha que...

Nossa percepção corporal é um bom medidor de força aplicada ao nosso corpo?

A dor sentida por uma pessoa em uma "tombada" é um bom indicador da intensidade da força recebida?




Em uma colisão: a força de ação é gerada primeiro que a de reação?

A deformação sofrida por um corpo em uma "tombada" é um bom indicador da intensidade da força recebida?

Imagem: www.pixabay.com

Você acha que...




Os nossos sentidos percebem da mesma forma as duas situações, apresentadas abaixo?
 - quando estamos flutuando dentro de um fluido;
 - quando estamos em queda livre.

Podemos dizer que nosso peso diminui quando entramos em uma piscina? Por que temos essa sensação?

Imagem: www.pixabay.com

Você acha que...



Para responder a essas perguntas é necessária a compreensão tanto de alguns conceitos físicos como do funcionamento dos nossos sentidos.

Esta é a finalidade deste material!

Estabelecer uma relação entre a Física e os aspectos biológicos para tentar evitar conclusões erradas sobre algumas situações físicas, quando buscamos respostas para questionamentos que envolvem nossos sentidos

Imagem: www.djpartshoop.com

Parte I

Vamos pensar na seguinte situação:

Em uma luta "vale tudo", um dos lutadores desferiu um violento soco no rosto de seu oponente, deixando-o desacordado com o nariz quebrado e um olho roxo.

- 1 Qual das forças tem maior intensidade?
A que a mão aplicou no rosto $F_{m \rightarrow r}$, ou a que o rosto $F_{r \rightarrow m}$ aplicou na mão?
- 2 O rosto, por ter sofrido maior deformação que a mão, recebeu uma força de maior intensidade?
- 3 Qual a força que foi aplicada primeiro?
A força que a mão aplicou no rosto ou a força que o rosto aplicou na mão do lutador?




$F_{m \rightarrow r}$


$F_{r \rightarrow m}$


Imagem: www.betdraw.com

Parte I



Para respondermos essas questões, é necessária a compreensão da 3ª Lei de Newton, que diz:

Para toda força de ação há sempre uma força de reação de mesma intensidade, mesma direção e sentido oposto!

Assim, a resposta correta para as perguntas 1 e 2 será:

A força trocada entre a mão do lutador e o rosto do seu oponente terá a mesma intensidade!

$F_{m \rightarrow r} = F_{r \rightarrow m}$


Imagem: www.tanatomia.com

Parte I

A resposta apresentada para tais perguntas, em muitos casos, seria de que a força feita pela mão, aplicada no rosto do oponente, teria uma intensidade maior do que a força produzida pelo rosto na mão do boxeador.

Temos uma tendência natural de afirmar que:

- O corpo que experimentou a maior deformação recebeu a força mais intensa e
- O corpo, ou parte dele, que sofreu a maior dor recebeu uma força de maior intensidade



Mas, qual o motivo desta resposta aparecer com tanta frequência??

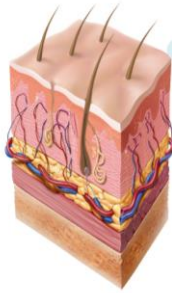
Para entendermos esse tipo de resposta devemos primeiro compreender como nosso corpo detecta estímulos externos!

Ao analisarmos como funciona nossa percepção corporal, percebemos facilmente que:

- Ele não é um bom medidor de forças.
- Que nossa sensação de dor não dependerá somente da intensidade do estímulo externo

Imagem: www.djpartshoop.com

A pele



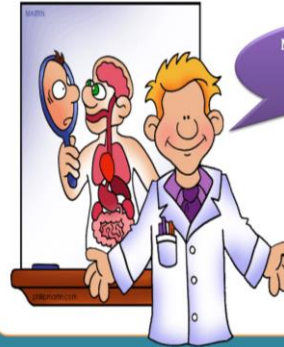
A pele de um indivíduo adulto chega a medir 2m² e tem uma massa de 4 kg, sendo o maior órgão do corpo humano. Cerca de 6 a 10 milhões de sensores táteis estão distribuídos no nosso corpo formando uma rede que leva impulsos elétricos ao cérebro.

Sua função:

- Proteção do organismo, tanto física como imunizadora;
- Regular as trocas de calor com o ambiente;
- Proteção contra a desidratação e a radiação;
- Tem a função nervosa que constitui o tato.

Imagens: www.clarkillustration.com

Percepção corporal



Nossa percepção corporal pode ser dividida em dois sentidos: Exterocepção e propriocepção

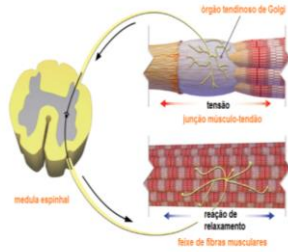
Imagens: www.digiphotol.com

Propriocepção

PROPRIOCEPÇÃO (percepção espacial do corpo e das acelerações recebidas por ele)

São os fusos musculares e os órgãos tendinosos de Golgi responsáveis por informar ao cérebro como nossos músculos e tendões estão tensionados.

Os canais semicirculares e os órgãos otolíticos (o Sáculo e o Utriculo) são especializados em identificar acelerações. Os órgãos otolíticos indicam posição da cabeça com relação à gravidade.

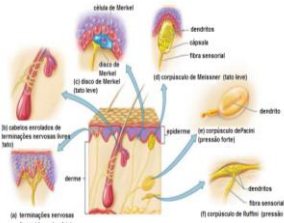


Imagens: www.clarkillustration.com

Receptores sensoriais

Por toda extensão de nossa pele, existem corpúsculos sensoriais responsáveis pela identificação de estímulos externos. Eles registram sensações de temperatura, pressão e dor, tendo para cada uma, um tipo de receptor diferente.

Cada tipo de neurônio é sensível a um tipo específico de estímulo, entretanto, todos transformam o estímulo em impulsos nervosos que são transmitidos, identificados e interpretados pelo sistema nervoso central e pelo cérebro.



Mecanorreceptores: Detectam interações mecânicas do próprio receptor ou de células adjacentes a eles.

Termorreceptores: Detectam alterações da temperatura, alguns reagindo ao frio, outros ao calor.

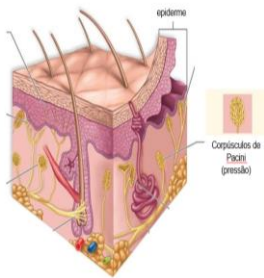
Nociceptores (receptores de dor): Capazes de detectar a lesão de um tecido seja por causa física ou química.

Imagens: www.clarkillustration.com

Mecanorreceptores

Corpúsculos de Vater-Pacini

- Percepção de pressão forte e vibração;
- Abundante nas regiões palmares e plantares (pontas dos dedos).
- Presente também nos ligamentos, músculos e tendões associado a propriocepção (capacidade em reconhecer a localização espacial do corpo)
- são eles que nos avisam do celular vibrando no bolso ou de pequenas oscilações causadas por um problema no motor ou no pneu do carro que dirigimos.

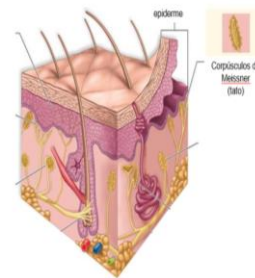


Imagens: www.pinterest.com

Mecanorreceptores

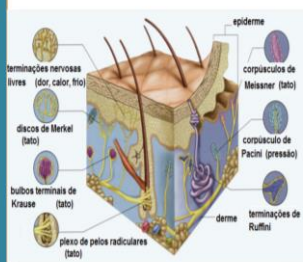
Corpúsculos de Meissner

- Percepção de pressão para tato leve e vibração;
- Quando passamos levemente as mãos por uma superfície, são eles os responsáveis pelas sensações que experimentamos;
- Bem abaixo da superfície da pele;
- São numerosos nos dedos das mãos e dos pés;
- Seria impossível ficar de pé ou andar na posição ereta se os corpúsculos de Meissner e outros sensores táteis não fornecessem um fluxo constante de informações sobre as deformações ocorridas nas solas dos pés;



Imagens: www.pinterest.com

Exterocepção



EXTEROCEPÇÃO (percepção gerada pela pele)

É constituída por cinco mecanorreceptores, quatro termorreceptores (dois para frio e dois para calor - terminações nervosas livres) e três grupos de receptores para dor ou nociceptores (um grupo para dor mecânica, outro para dor térmica e outro para dor química).

Imagens: www.biologyboom.com

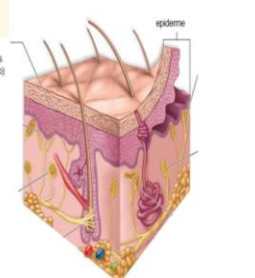
Nociceptores



Terminações nervosas livres (dor, calor e frio)

Terminações nervosas livres

- São nociceptores;
- Presentes em quase todas as partes do corpo;
- As terminações de dor são terminações nervosas livres (Lesão tecidual);
- São os receptores sensoriais mais numerosos da pele.



Imagens: www.pinterest.com

Termorreceptores

Corpúsculos de Ruffini

- Percepção do calor;
- São encontrados no tecido conectivo dos membros e das articulações, e na pele;
- Eles nos ajudam dando ao cérebro informações sobre a posição dos braços e pernas. Qualquer movimento de uma junta (pressionada ou tensionada) é detectada por estes sensores.

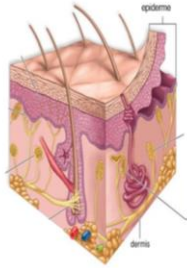
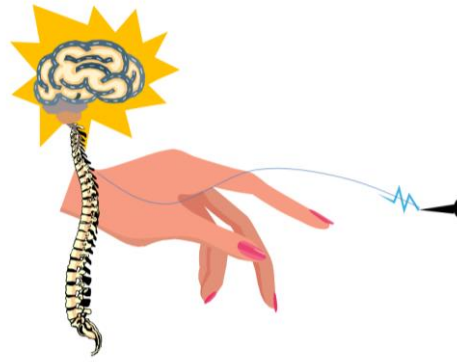


Imagem: www.pinterest.com



Termorreceptores

Corpúsculos de Krause

- Percepção do frio;
- Presente na pele glabra (zonas sujeitas a maior atrito como palmas das mãos e pés que têm uma camada mais grossa), presentes também nos lábios, língua e órgãos genitais.

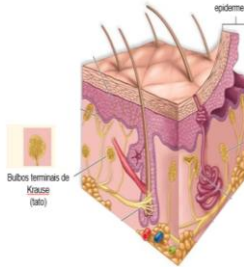


Imagem: www.pinterest.com

Cortex sensorial

As informações sensoriais (tátil, temperatura, dor) de partes específicas do corpo são enviadas para diferentes regiões do córtex cerebral. A organização topográfica dessa informação reflete a topografia do corpo.

No ser humano, metade dos neurônios do córtex somatossensorial estão dedicados ao processamento de informação sensorial da face, das mãos e dos pés, enquanto que os neurônios restantes estão envolvidos no processamento de informação sensorial proveniente de todas as outras regiões do corpo.

O fato de que tantos neurônios são empregados no processamento de informação sensorial da face, das mãos e pés reflete a importância destes órgãos na nossa vida!



Imagem: www.dicasemcineas.13.anatomia.com

Cortex sensorial



Agora que já analisamos os aspectos biológicos e fisiológicos, vamos às respostas de algumas das perguntas propostas no início dessa atividade:



O sentido do tato é um bom medidor de forças aplicadas ao nosso corpo?



A dor sentida por uma pessoa em uma "trombada" é um bom indicador da intensidade da força recebida?

Ao analisarmos o sentido do tato foi possível perceber que não possuímos um sentido que seja um bom medidor de forças.

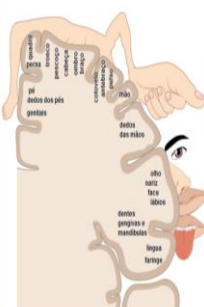
Duas forças, de mesma intensidade, podem causar sensações dolorosas diferentes ao serem exercidas em regiões ou pontos distintos, pois estimulam números e tipos diferentes de células receptoras, gerando descargas elétricas com intensidades diferentes.



O limiar da dor também é diferente para cada pessoa e depende do sistema nervoso de cada indivíduo.

Imagem: www.courses.candidalarning.com

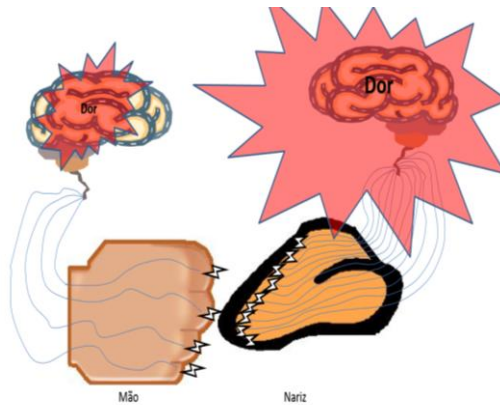
Cortex sensorial

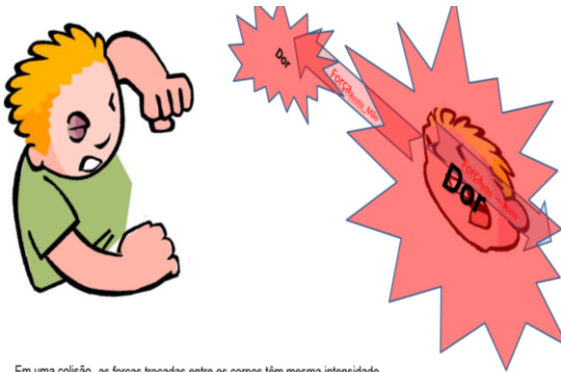


Por exemplo, o sistema nervoso central necessita de informação sensorial detalhada das palmas das mãos e pontas dos dedos para poder executar as manipulações finas de que somos capazes. Para fornecer este detalhe de informação, as palmas das mãos e as pontas dos dedos são enervadas por muitos neurônios sensoriais que enviam informação para muitos neurônios no córtex somatossensorial.



Imagem: www.courses.candidalarning.com





Em uma colisão, as forças trocadas entre os corpos têm mesma intensidade,
mas as sensações são diferentes!

Cortex sensorial

Você acha que a deformação sofrida por um corpo em uma "tombada" é um bom indicador da intensidade da força recebida?



Por exemplo, no caso das forças trocadas em um soco no nariz, entre a mão e o nariz:



- O nariz deforma mais, pois é constituído de cartilagem (estrutura maleável), enquanto a mão é formada por ossos rígidos.
- Ao aplicarmos a mesma força nestas duas estruturas distintas, a mais maleável sofrerá a maior deformação.

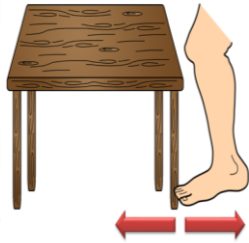
Cortex sensorial

E qual das forças surgiu **antes** primeiro? A ação feita pela mão no rosto do seu oponente ou a reação feita pelo rosto na mão?

Uma situação semelhante a quando batemos o dedo do pé em uma mesa. A dor não é sentida instantaneamente e isso pode nos levar a crer que primeiro precisamos chutar a mesa para depois a mesa reagir.

Você acha que em uma colisão (tombada) a força de ação é aplicada primeiro do que a de reação?

As forças trocadas entre o nosso corpo e o objeto no qual batemos em uma trombada são simultâneas. No entanto, ao analisarmos como o nosso cérebro recebe os impulsos elétricos gerados quando sofremos uma trombada, verificamos que estes impulsos não chegam instantaneamente ao córtex cerebral.



Impulsos nervosos

As informações viajam rapidamente pelo sistema nervoso central informando ao cérebro onde está cada parte do nosso corpo e quais os estímulos que cada parte recebe. Para viajarem pelo corpo, os impulsos elétricos demoram um intervalo de tempo que dependerá do tipo de ramificação nervosa pela qual o impulso viaja. Isso quer dizer, embora as forças sejam simultâneas a **nossa percepção da dor não o é**, fazendo-nos acreditar que a força do objeto sobre o nosso corpo atuou depois.

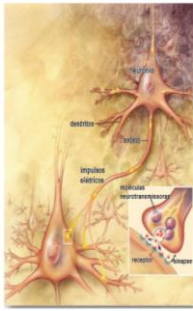


Quanto maior o **diâmetro**, e **quanto maior a batida de moléculas de colesterol do** **impulso!**

Dê uma olhada no quadro a seguir:

axônio da fibra miélinizada	A1	A2	B1	C
diâmetro (µm)	13-20	6-12	3-6	0,3-1,3
velocidade (m/s)	80-120	30-70	3-30	0,5-2
recetores	propriocepção de posição e movimento	propriocepção de posição e movimento	dores e temperatura	dores e temperatura

Impulsos nervosos



Isso quer dizer que os pares ação e reação acontecem ao mesmo tempo e esse intervalo que demoramos para sentir a dor da pancada faz parte tanto do processo de transmissão do sinal quanto do tempo de processamento.



Impulsos nervosos



Os **recetores da pele para dor** são raramente estimulados pelo tato e por pressão usuais, mas ficam muito ativos quando o estímulo térmico é suficientemente intenso para lesar o tecido.



Parte II

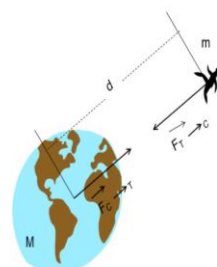
Outra questão pertinente é a de como reconhecemos nosso peso e o conceito de peso aparente, que se manifesta pelo menos em duas situações físicas: em hidrostática e na situação de um astronauta em órbita.



Um erro comum é pensar que quando uma pessoa está boiando dentro da água seu peso diminui, ou que esta situação é semelhante a de um astronauta em órbita.

Mas para analisarmos essa questão é necessário investigá-la juntamente com conteúdos de Física.

A força peso



Para Newton, a força peso tem origem gravitacional, isso quer dizer do tipo massa atrai massa.

Essa força é calculada através da Lei de Newton da Gravitación Universal:

$$F_G = \frac{G \cdot M \cdot m}{d^2}$$

Onde:

M: massa do planeta; m: massa do corpo;
G: constante da gravitação universal ($= 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$)
d: distância entre os centros de massa dos 2 corpos.

A força peso

Se a única força exercida sobre nosso corpo for a de atração gravitacional gerada pelo campo gravitacional terrestre, então sofreremos uma aceleração gravitacional "g" que dependerá tanto da massa da Terra como da nossa posição em relação ao centro da Terra.

Aplicando-se a 2ª Lei de Newton, temos:

$$F_r = m \cdot a$$

$$F_r = m \cdot g$$

$$\text{Peso} = m \cdot g$$

Peso é o nome dado a esta força resultante!



Imagens: www.digipartid.com

A força peso

E como percebemos através dos nossos sentidos que o planeta está nos puxando?

Para responder esta pergunta necessitamos de mais alguns conceitos de Biologia.

Vamos analisar a seguinte situação: uma pessoa parada sobre uma superfície sólida.

Desprezando o empuxo provocado pelo ar!



Imagens: www.digipartid.com

A força peso

A 1ª Lei de Newton nos diz que:

Se $F_{\text{resultante}} = 0$ então $\vec{v} = \text{constante}$, ou seja:

- se o corpo estiver em repouso, permanecerá em repouso
- se o corpo estiver em movimento retilíneo, permanecerá em movimento uniforme em sua trajetória retilínea

Isso significa que o módulo da força normal, que a pessoa recebe através dos pés, tem de ser numericamente igual ao módulo da força peso, gerando deformações nos mecanorreceptores localizados na região plantar dos pés.

Mas não é só isso que nos informa da existência da força exercida pela Terra!

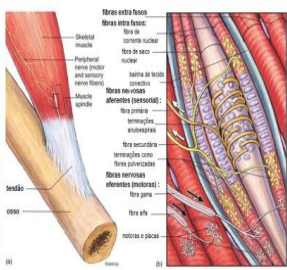


Imagens: www.digipartid.com

Receptores neuromusculares

Fusos musculares

- São mecanorreceptores;
- Encontrados nos músculos esqueléticos;
- Sinalizam o comprimento do músculo e a velocidade do movimento;
- Detectam as modificações no comprimento das fibras musculares pelo estiramento;
- Quando há alongamento ou estiramento dessas fibras, as terminações nervosas sofrem deformações e são ativadas.




Imagens: www.digipartid.com

Receptores neuromusculares

Órgão tendinoso de Golgi

- São mecanorreceptores;
- Situam-se dentro dos tendões;
- São estimulados pela tensão produzida pelas fibras musculares, ou seja, quando há estiramento ou contração do tendão através do músculo;
- Esses receptores são responsáveis por "desligar" o músculo quando estamos carregando um objeto muito pesado e, de repente, o soltamos;
- Impede que danifiquemos nosso próprio tecido esquelético ou muscular com contrações;
- Exageradamente fortes.



Imagens: http://anatomia.facc.unicamp.edu

Receptores neuromusculares

Nosso corpo é constituído de massa, assim como a Terra, e por isso se atraem mutuamente com forças de mesma intensidade, mesma direção e sentidos opostos. Mas para sentirmos o nosso peso é necessária uma força de sustentação aplicada por um objeto de apoio.

Essa força de sustentação recebida pelo nosso corpo, nos ajuda a identificar a força com que a Terra nos puxa em direção ao seu centro (força peso).

No caso em que nos encontramos de pé, parados sobre uma superfície sólida horizontal, esta superfície aplica sobre nossos pés uma força normal de apoio.

Ao recebermos essa força, sentimos uma pressão sobre a sola dos pés. Os tendões e ligamentos se distendem para segurar certos membros, então partes internas do nosso corpo trocam forças para permanecerem em equilíbrio.

Essa força recebida nos pés somada com as forças internas, que surgem com o objetivo de segurar cada parte do corpo, informa ao nosso cérebro que estamos sob a influência da força gravitacional (força peso).



Imagens: http://thamb.dreamstime.com/

Receptores neuromusculares

São os fusos neuromusculares e os órgãos tendinosos de Golgi que ajudam a reconhecer o peso de cada parte do corpo, informando ao cérebro a **tensão**, a **distensão** ou a **contração** que cada músculo está recebendo.



Imagens: http://didiadurea.net

Sensação de peso

Isso significa que a sensação de peso vem de forças externas aplicadas na nossa pele, das forças de tração nos músculos e tendões e das forças de apoio trocadas entre nossos órgãos internos.

Agora vamos analisar a situação de uma pessoa que se encontra boiando em um fluido:



Imagens: www.aerystgraphics.com

Princípio de Arquimedes

“Todo corpo mergulhado em um líquido sofre uma força (empuxo), orientada de baixo para cima, e igual ao peso do fluido contido em um volume idêntico ao volume do corpo submerso no fluido.”



O Empuxo surge graças à diferença de pressão hidrostática que atua sobre partes do corpo que se encontram submersas e a diferentes profundidades

$E = \text{peso do fluido contido em um volume igual ao volume do corpo que se encontra submerso} = m_{\text{liquido}} \cdot g$

Como: $m_{\text{liquido deslocado}} = \rho_{\text{liquido}} \cdot V_{\text{liquido deslocado}}$

$$E = \rho_{\text{liquido}} \cdot g \cdot V_{\text{liquido deslocado}}$$

Imagem: www.classroomclipart.com e http://media.web.bentwaters.com/

Princípio de Arquimedes



No caso do indivíduo dentro da água, pelo princípio de Arquimedes, podemos calcular o seu peso dito aparente, que é dado pela relação:

$$P_{\text{aparente}} = P - E$$

Se o corpo se encontra em repouso, parado, teremos $P = E$, encontrando-se um valor nulo para o peso aparente. Isso pode nos levar a pensar que o indivíduo ficou mais leve ou que ele dentro do líquido está recebendo uma força de sustentação diferente da recebida quando sobre uma superfície sólida.

Mas nos dois casos a força de sustentação tem o mesmo valor, como nos mostra a primeira Lei de Newton:



Se $\vec{F}_{\text{resultante}} = 0$ então, $\vec{v} = \text{constante}$, ou seja:

- se o corpo estiver em repouso permanece em repouso
- se o corpo estiver em movimento retilíneo permanece em movimento uniforme com sua trajetória retilínea

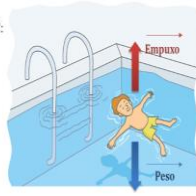
Imagem: www.classroomclipart.com e http://postre4teachers.org

Princípio de Arquimedes

Caso 1:



Caso 2:



Caso 1: a força que surge para sustentar o corpo, que se encontra com velocidade nula sobre uma superfície sólida, será a força normal de apoio, sendo, em módulo, igual ao peso do corpo.

Caso 2: estando o corpo em repouso, com parte submersa em uma piscina, a força que surge para sustentar o corpo será o Empuxo, sendo, em módulo, igual ao peso do corpo.

O que muda de um caso para outro é o agente da força de sustentação e de como esta força de sustentação é aplicada em diferentes partes do corpo. Isso gera uma sensação diferente.

Imagem: www.classroomclipart.com e http://postre4teachers.org

Princípio de Arquimedes



Então, quando entramos em uma piscina, você acha que nosso peso não diminui? Por que temos essa sensação?

Para ocorrer uma modificação do peso, precisaríamos que a massa do corpo fosse alterada ou que a gravidade gerada pela Terra sofresse alguma mudança. Para a aceleração gravitacional ser alterada só se a massa da Terra mudar ou se modificarmos a posição do corpo em relação ao centro da Terra. E nada disso ocorre quando entramos em uma piscina!



Imagem: www.classroomclipart.com e http://postre4teachers.org

A Sensação de peso



O que nos causa a sensação de peso são as forças externas que provocam nossa sustentação.

Se estivermos de pé, em repouso, sobre uma superfície horizontal sem sofrer outras forças externas, com exceção do peso e da força normal, a força de sustentação será a força normal de apoio. A força normal terá módulo igual ao da força peso e atuará em uma região pequena (sola dos pés) que tem uma densidade de células nervosas muito grande. Além disso, nessa situação, estamos com tendões e músculos tracionados.

Já no caso de estarmos flutuando em um líquido, como por exemplo na água, o que nos sustenta é uma força hidrostática produzida pelo fluido e distribuída por toda a extensão da pele do corpo que estiver submersa.

A resultante das forças hidrostáticas terá igual módulo que o do peso do corpo (de mesmo módulo que a força normal de apoio do parágrafo anterior). Mas nessa situação, além dos tendões e músculos tracionados, nas regiões das costas, peito e pernas temos poucos receptores de pressão, como é mostrado no próximo quadro.



Imagem: www.classroomclipart.com e http://postre4teachers.org

Limiar de dois pontos

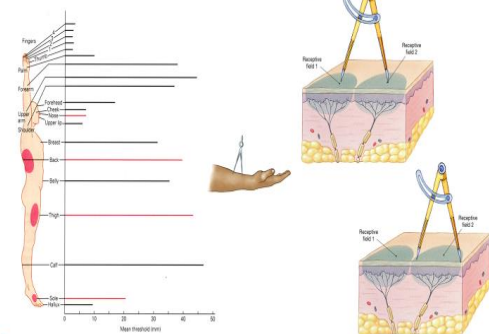


Imagem: danielademulatorescotefiles.wordpress.com e http://sheshans.com

Sensação de peso

Outro fator importante para essa sensação é que tanto os fusos neuromusculares, como os órgãos tendinosos de Golgi, estão relaxados, pois não precisamos mais manter a tensão nos músculos e tendões para segurar partes do corpo, já que o empuxo provocado pela água o faz.

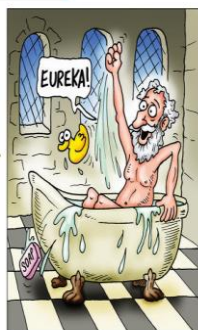


Imagem: www.travettill.com wordpress.com

A força peso



Imaginemos um indivíduo que se encontra dentro de um elevador, sobre uma balança de precisão, no campo gravitacional terrestre e próximo à superfície da Terra.

Um erro comum é dizer que o valor da força medida por uma balança é igual ao peso do corpo que está sobre ela. Na verdade a balança não mede nosso peso, mas sim a força que nela aplicamos através da sola de nossos pés!

Uma força de mesma intensidade também é aplicada pela balança sobre nossos pés. Através dela que percebemos a atração gravitacional terrestre.

* Embora a leitura da balança mostre a massa do corpo, no seu interior é feita a conversão de força para massa

Imagem: www.austrographica.com

A força peso

Já o conceito de peso aparente ou peso efetivo, quando trabalhado para situações em elevadores, que pode ser semelhante ao caso do astronauta em órbita, tem uma concepção um pouco diferente, como veremos a seguir.

Imagens: www.astrofotografica.com

A força peso

$a = 0$ $v = 0$ ou constante

Se $v =$ vetor constante, pela primeira Lei de Newton a resultante das forças que atuam sobre o corpo do indivíduo deve ser nula, então, obrigatoriamente:

- a leitura na balança marcará um valor igual ao peso real do indivíduo (ou seja, de módulo igual ao da força que a Terra exerce sobre ele);
- A força que a balança exerce em seu corpo possui módulo igual ao do seu peso.

Essa é a força de apoio normal, F_{normal} , e terá o mesmo valor (módulo) da força que o indivíduo aplica na balança (3ª Lei de Newton).

Essa força é um dos fatores responsáveis pela sensação que temos acerca do nosso peso!

Imagens: www.astrofotografica.com

Caso 1: Elevador acelerado com aceleração orientada para cima*

Qual será a leitura da balança quando o elevador estiver acelerado?

No Caso 1, a força que o indivíduo aplicará na balança não será mais numericamente igual ao seu peso. Isto faz com que a leitura da balança seja maior que o peso do indivíduo. Através da 2ª Lei de Newton podemos calcular a força medida pela balança, como mostrado ao lado:

**Aceleração orientada para cima não significa estar subindo!*

$F_{normal} > P$
 $F_{resultante} = ma = F_{normal} - P$
 $F_{normal} = m(a + g)$

Leitura da balança > peso real

Imagens: www.astrofotografica.com

A força peso

Como podemos ver, se o elevador estiver acelerado com aceleração orientada para cima, o indivíduo aplica uma força maior que seu próprio peso sobre a balança, gerando uma força normal maior em relação ao elevador do que quando estiver com velocidade constante. Esse aumento da força normal fornece a impressão que o peso aumentou, já que a pressão na sola dos pés cresceu.

Mas não é apenas isso que ocorre! Seus tendões e músculos também se tracionam mais para gerar a aceleração necessária em todas as partes do corpo. As forças trocadas entre os órgãos internos também aumenta, e por inércia, acabam tendo um movimento relativo, fazendo-os migrarem para a parte inferior do abdômen. Assim o indivíduo acaba tendo a sensação de estar mais pesado. A sensação de frio na barriga ou enjojo é comum nesse caso.

Imagens: www.astrofotografica.com

Caso 2: Elevador acelerado com aceleração orientada para baixo*

Qual será a leitura da balança quando o elevador estiver acelerado?

No Caso 2, o módulo da força que o indivíduo aplicará na balança será maior que seu peso. Isto faz com que a leitura da balança seja menor que o peso do indivíduo. Através da 2ª Lei de Newton podemos calcular a força medida pela balança, como mostrado ao lado:

**Aceleração orientada para baixo não significa estar descendo!*

$F_{normal} < P$
 $F_{resultante} = ma = P - F_{normal}$
 $F_{normal} = m(a - g)$

Leitura da balança < peso real

Imagens: www.primibio-estudo.com e www.astrofotografica.com

A força peso

Como podemos ver, se o elevador estiver acelerado com aceleração orientada para baixo, o indivíduo aplica uma força menor que o seu próprio peso sobre a balança, gerando uma força normal menor em relação ao caso quando o elevador estiver com velocidade constante. Essa diminuição da força normal fornece a impressão que o seu peso diminuiu, já que a pressão na sola dos pés decresceu.

Mas não é apenas isso que ocorre! Seus tendões e músculos também se tracionam menos para gerar a aceleração necessária em todas as partes do corpo. As forças trocadas entre os órgãos internos também diminui, e por inércia, acabam tendo um movimento relativo, fazendo-os migrarem para a parte superior do abdômen. Assim o indivíduo acaba tendo a sensação de estar mais leve. A sensação de frio na barriga ou enjojo também é comum nesse caso.

Imagens: http://universo.tudo.com

Caso 2: Elevador acelerado com aceleração orientada para baixo*

Ao analisarmos o Caso 2, se o elevador estiver com uma aceleração igual a "g" e direcionada na vertical para baixo, a força trocada entre o indivíduo e a balança é nula.

Isso significa que o indivíduo não sente mais a força feita pela balança sobre seus pés!

O indivíduo perde o contato com a balança, deixando de receber a força de apoio

Isso aconteceria se o cabo, que segura o elevador, se rompesse e se não tivéssemos nenhuma força resistiva atuando sobre o elevador

Quando isso ocorre, dizemos que o corpo se encontra em um estado de imponderabilidade tendo um peso aparente igual a zero, pois a balança não aplica força alguma para sustentar o corpo.

$a = g$
 $F_{normal} = 0$

$F_{resultante} = mg = P - F_{normal}$
 $F_{normal} = m(g - g) = 0$

Imagens: www.primibio-estudo.com e www.astrofotografica.com

Caso do elevador

A sola dos pés não recebem mais a força normal. Os tendões e ligamentos, antes tensionados para segurar o próprio peso dos membros, relaxam como se os membros não tivessem mais peso. E o mesmo que ocorre entre o indivíduo e a balança ocorre também com nossos órgãos internos. Eles param de trocar forças entre si dando a impressão de estarem flutuando.

Se o elevador fosse fechado, o indivíduo não enxergaria nada fora do elevador tendo a sensação de flutuar e não de estar em queda livre.

Mas, mesmo com todas essas sensações estranhas, fica claro que o peso do indivíduo não sofreu alteração.

Imagens: www.123f.com

Caso do elevador

Tanto no caso do indivíduo boiando na piscina, como no exemplo do elevador, os corpos experimentam sensações bem distintas. Mas, para alguém que compare somente o valor do peso aparente calculado para cada caso, pode achar que estas situações são idênticas

$P_{\text{aparente}} = 0$

$a = g$

$P_{\text{aparente}} = 0$

Imagens: www.Clipart.com

E o astronauta?

Para os sentidos, o caso do astronauta é semelhante, à situação do elevador em queda livre. O astronauta não recebe forças de apoio, seus tendões e músculos não são tracionados para segurar as partes do corpo e seus órgãos internos estão constantemente "batucando" dentro do seu próprio corpo.

Imagens: www.dreamstime.com

Imagens

1. FIXABAY Happy yellow faces. Disponível em <http://www.fixabay.com>. Acessado em 1 de agosto de 2015.
2. CLIPARTS SHEEP Newton. Disponível em <http://www.cliparts.org>
3. HE DRAWS The fine art illustration and tattoos of Matt Beck. Disponível em <http://www.hedraws.com>.
4. TAMASOMA The gravity falling. Disponível em <http://www.tamasoma.com>.
5. CLARK ILLUSTRATION Skin. Disponível em
6. CLIP ART BIT. Clipart for kids in human body. Disponível em <http://www.clipartbit.com>.
7. CANDELA OPEN COURSES The function of nervous tissue. Disponível em <http://courses.candelalearning.com>.
8. THE MINDS MACHINE Skin. Disponível em <http://minds-machine.com>.
9. SLIDE SHARE The Somatosensory System. Disponível em <http://slideshare.net>.
10. THE UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA Nervous system. Disponível em <http://c14.phox.ubc.ca>
11. 123RF Happy cartoon floating. Disponível em <http://www.123rf.com>.
12. CLASSROOM CLIPART Archimedes. Disponível em <http://www.classroomcliparts.com>.
13. MEDIA WEB BRITANNICA Archimedes Principle. Disponível em <http://media.web.britannica.com>.
14. WEB POSTER WIZARD Sir Isaac Newton. Disponível em <http://poster-teachers.org>
15. COURSES BY DR ROBERT DODAL Orgão Tendonoso de Golgo. Disponível em <http://dodulb.faculty.nzj.edu>.
16. CLASS CONNECTION Fuoco muscularis. Disponível em <http://classconnection4u.wordpress.com>
17. EFFECTIVE INTEGRATION OF SCIENCE AND LITERACY Summer School. Disponível em <http://effectiveintegrationofscienceandliteracy.files.wordpress.com>
18. PINTEREST Skin receptors. Disponível em <http://www.pinterest.com>
19. ACTIVE RAIN Elevator clipart. Disponível em <http://activeraintrails.com>
20. NOTES ON MEDICINE Two points discrimination. Disponível em <http://dandermededatextnotes.files.wordpress.com>

A.3 Apresentação sobre mapas conceituais e exemplos

Como se pretendia que os alunos produzissem um mapa conceitual a partir de um mapa conceitual esqueleto (MCE) proposto pelo professor, tornou-se pertinente uma sucinta apresentação explicando e exemplificando a criação de um mapa conceitual. Na preparação dessa apresentação foram utilizados materiais e exemplos de mapas conceituais disponíveis na página do *software CMapTools* (CMapTools; Novak; Cañas, 2010a; Novak; Cañas, 2010b).

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
 Instituto de Física
 Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
 Mestrado Profissional em Ensino de Física

Instituto de Física

Construindo mapas conceituais

Mostrando José Antônio da Costa Boechli
 Professora Orientadora Rejane Maria Ribeiro Teixeira

Agosto de 2015

Mapas conceituais

Afinal, o que é um mapa conceitual??

"Mapas conceituais são ferramentas gráficas para a organização e representação do conhecimento. Eles incluem conceitos [...] e relações entre conceitos" (Novak; Cañas, 2010a)

A construção de um mapa conceitual é uma técnica usada para organizar informações ou ideias!!

Mapas conceituais

Compostos de:

- Conceitos que ficam dentro de retângulos ou elipses;
- Um conjunto de linhas de ligação ou conectores;
- É uma organização que vai do geral para o específico.

Componentes de um mapa conceitual:

- As linhas de ligação representam relações entre os conceitos
- Os rótulos nos conectores, ou linhas de ligação, descrevem a natureza das relações entre os conceitos
- A seta em um conector indica o sentido da relação delineada pelo rótulo

Mapas conceituais

Conexão entre conceitos:

- A conexão entre os conceitos é o aspecto mais importante de um mapa conceitual
- Os conectores representam relações entre conceitos em diferentes domínios de um mapa conceitual

Construindo mapas conceituais

1. Identifique os conceitos-chave de um tópico (isto é, faça uma lista)
1. Faça o ranking dos conceitos do geral para o específico
1. Coloque o conceito mais abrangente no topo
1. E os conceitos específicos abaixo
1. Conecte os conceitos com palavras de ação, verbos
1. Agrupe bem de perto os conceitos relacionados
1. Arrume este mapa conceitual preliminar adicionando, retirando ou renomeando palavras e ligações

A.3.1 Dois exemplos de mapas conceituais criados a partir dos assuntos abordados

Ao final da exposição introdutória sobre mapas conceituais, foram mostrados dois exemplos de mapas conceituais criados a partir dos assuntos abordados na oficina.

O primeiro mapa conceitual é sobre Leis de Newton e algumas aplicações e o segundo sobre características do ouvido interno e algumas sensações a ele associadas.

A.3.1.1 Exemplo 1 - Leis de Newton e algumas aplicações

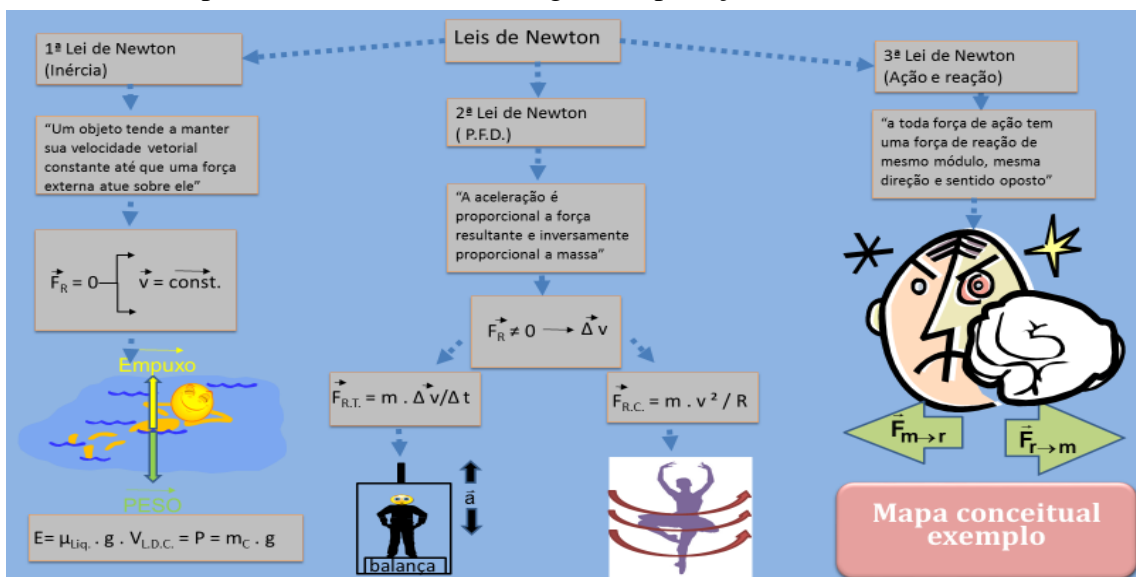


Figura A.1: Mapa conceitual apresentado aos alunos/participantes como exemplo de MC construído a partir das Leis de Newton.

A.3.1.2 Exemplo 2 - Características do ouvido interno e algumas sensações

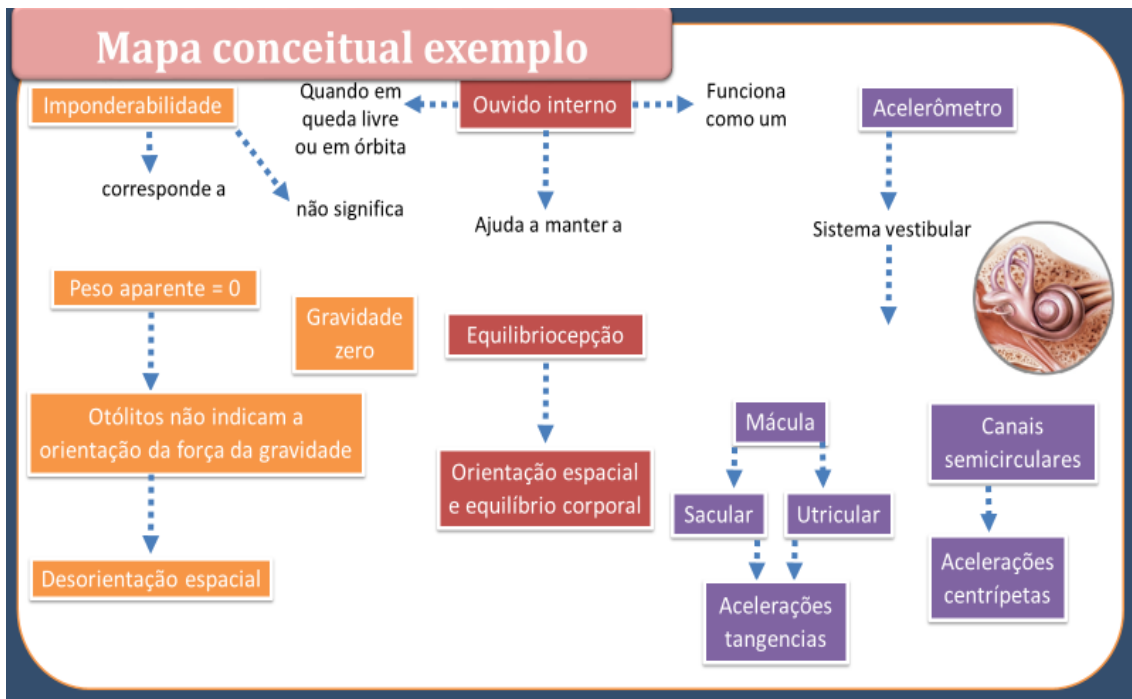


Figura A.2: Mapa conceitual apresentado aos alunos/participantes como exemplo de MC construído a partir dos assuntos tratados na oficina.

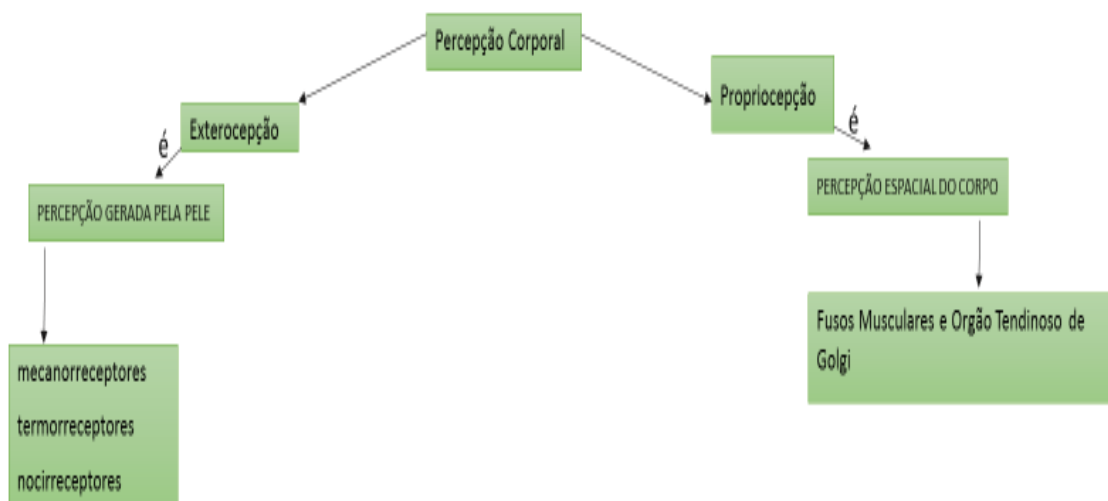


Figura A.3: Mapa conceitual esqueleto entregue aos alunos/participantes da oficina.

A.4 Teste objetivo sobre conteúdos discutidos na oficina

Ao final dos dois encontros da oficina foi aplicado um teste objetivo envolvendo questões sobre os assuntos discutidos. Esse teste contém 12 questões de múltipla escolha, com 5 alternativas. A última questão do teste (questão 12) foi retirada da prova do Enem do ano de 2009. Esse teste é apresentado abaixo.



Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
Instituto de Física
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Profissional em Ensino de Física



Mestrando José Antônio Afonso da Costa Bocchi

Professora Orientadora Rejane Maria Ribeiro Teixeira

TESTE:

1. Em uma luta, um lutador desferiu um violento soco no rosto de seu oponente. Qual força foi a de maior intensidade, a que a mão aplicou no rosto ou a que o rosto aplicou na mão?

- a) A que a mão aplicou no rosto, pois a dor no rosto é maior.
- b) A que a mão aplicou no rosto, pois o rosto sofreu maior deformação.
- c) A que o rosto aplicou na mão, pois a desaceleração da mão foi maior.
- d) São de iguais intensidades, pois formam pares ação e reação.
- e) A que a mão aplicou no rosto, pois era ela que estava em movimento.

2. Em uma colisão de um ônibus lotado com um pedestre, que se encontrava parado em um ponto de ônibus, comparando-se a intensidade da força aplicada pelo ônibus sobre o pedestre com a intensidade da força aplicada pelo pedestre sobre o ônibus, você diria que:

- a) são iguais, pois formam par ação e reação.
- b) a que o ônibus aplicou no pedestre é maior, pois o ônibus estava em movimento enquanto o pedestre estava parado.
- c) a que o ônibus aplicou no pedestre é maior, pois o ônibus tem a maior massa.
- d) a que o ônibus aplicou no pedestre é maior, pois o pedestre deformou mais.
- e) a que o pedestre aplicou no ônibus é maior, pois por ter uma área menor, foi capaz de aplicar maior pressão.

3. Ao caminhar pela casa de noite, você não enxerga uma pequena banquetela, e descalço, bate com o dedinho do pé na quina do móvel.

Com relação às forças que o móvel aplicou no dedinho e que o dedinho aplicou no móvel, qual delas é aplicada primeiro?

- a) a força do dedinho sobre o móvel, tanto que a dor é sentida somente depois de um certo tempo.
- b) a força do dedinho sobre o móvel, pois para ocorrer a força de ação é necessário primeiro haver a reação.
- c) a força do móvel sobre o dedinho, tanto que o pé entra em repouso quase instantaneamente após a batida.
- d) nenhuma, pois as forças foram aplicadas simultaneamente.
- e) a força do móvel sobre o dedinho, pois a massa do móvel é maior que a do dedinho.

4. Uma pessoa, ao martelar um prego, consegue esmagar o dedo polegar com uma martelada. Logo após o ocorrido, ele se questiona: qual das forças foi a mais intensa? A que o martelo aplicou no dedo ou a que o dedo aplicou no martelo?

- a) as duas têm mesma intensidade.
- b) a que o martelo aplicou no dedo é maior, pois gerou a maior deformação.
- c) a que o martelo aplicou no dedo é maior, pois o martelo possui maior massa e era este que estava em movimento.
- d) a que o dedo aplicou no martelo pois, graças a esta força, o martelo parou quase que instantaneamente.
- e) é impossível afirmar qual foi a mais intensa.

5. João e Maria estão na beira de uma piscina. João segura Maria em seus braços tendo certa dificuldade em sustentá-la. Ao entrar na água, João exclama: “Maria, você fica mais leve quando está dentro da água”.

A respeito dessa afirmação de João podemos dizer:

- a) está correta, pois quando mergulhamos um corpo em um fluido seu peso diminui.
- b) está correta, pois João agora necessita fazer uma força menor para sustentar Maria.
- c) está correta, pois a água que envolve Maria altera o campo gravitacional, diminuindo seu peso dentro da água.
- d) está incorreta, pois nem a massa de Maria e nem o campo gravitacional, que atua na região, são alterados pelo fato dela estar dentro ou fora da água.
- e) está incorreta, pois a densidade da água é muito pequena para alterar o peso de Maria.

6. Ao flutuarmos em um fluido, como por exemplo na água de uma piscina, nosso peso se altera?

- a) sim, tanto que temos a sensação de estarmos mais leves.
- b) sim, pois a pressão hidrostática faz com que nosso peso diminua.
- c) não, pois a força gravitacional que o planeta aplica em nosso corpo não sofreu alteração.
- d) não, pois a massa de água da piscina também está sendo empurrada pelo nosso corpo.
- e) sim, pois o empuxo acabará cancelando a força peso.

7. Em uma filmagem da N.A.S.A., um astronauta, que se encontra em órbita ao redor da Terra, parece estar “flutuando” dentro da nave. Sobre a força gravitacional que a Terra exerce sobre o astronauta, pode-se dizer que:

- a) ela é praticamente inexistente, pois o campo gravitacional produzido pela Terra é muito fraco fora de sua atmosfera.

- b) ela vale zero, pois não existe peso para corpos em órbita.
- c) ela vale zero, pois no vácuo não existe gravidade.
- d) ela não é muito diferente da força gravitacional recebida pelo astronauta aqui no solo, mesmo que os sentidos do astronauta lhe deem a impressão de flutuar.
- e) ela não é muito diferente da força gravitacional recebida pelo astronauta aqui no solo, pois o peso do astronauta é uma propriedade que depende apenas da massa do astronauta e não de sua localização.

8. Ao percebermos uma força externa recebida pelo nosso corpo, essa percepção dependerá:

- a) apenas do módulo da força recebida.
- b) apenas da região onde a força atua.
- c) da deformação que essa força gera na área de recepção.
- d) do módulo da força, da região que atua e da interpretação dada pelo cérebro.
- e) da massa do corpo que aplica a força.

9. Em alguns brinquedos dos parques de diversão, como por exemplo o “Barco Viking”, sentimos nosso corpo tanto comprimindo o assento, em alguns momentos, como se “desgrudando” dele. Isso ocorre porque:

- a) nosso peso se altera ao longo da trajetória descrita.
- b) nosso peso dependerá da velocidade com que nos movemos.
- c) as forças de apoio, que sustentam nosso corpo, mudam de valor dependendo de como nossa velocidade varia.
- d) as forças de apoio que sustentam nosso corpo mudam de valor, dependendo de como varia o campo gravitacional produzido pelo planeta.
- e) a força resistiva aplicada pelo ar sobre nosso corpo varia de acordo com a velocidade, alterando nosso peso.

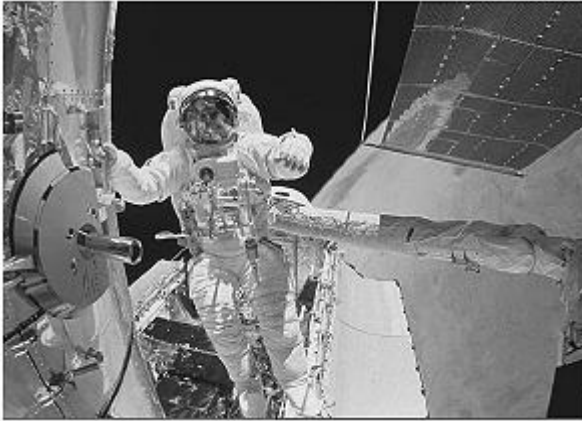
10. Qual ou quais são as funções do ouvido humano?

- a) Escutar sons.
- b) Escutar sons e identificar velocidades.
- c) Escutar sons e identificar acelerações.
- d) Escutar sons e perceber deslocamentos.
- e) Escutar sons e infrassons.

11. Se colocarmos um indivíduo dentro de um vagão de trem, que se move com velocidade vetorial constante e que se encontra com todas as janelas e portas fechadas (de tal maneira que ele não possa olhar para fora), seus sentidos seriam capazes de identificar a velocidade com que o vagão se move?

- a) Sim, pois grandes velocidades podem estimular nossa pele.
- b) Sim, pois nosso ouvido é capaz de funcionar como um velocímetro.
- c) Sim, pois em altas velocidades os fluidos do nosso corpo são capazes de variar a pressão feita em nossos órgãos internos.
- d) Não, pois nossos sentidos apenas identificam variações de velocidade.
- e) Não, pois a velocidade é uma grandeza relativa.

12. (ENEM 2009) O ônibus espacial *Atlantis* foi lançado ao espaço com cinco astronautas a bordo e uma câmera nova, que iria substituir uma outra danificada por um curto-circuito no telescópio *Hubble*. Depois de entrarem em órbita, a 560 km de altura, os astronautas se aproximaram do *Hubble*. Dois astronautas saíram da *Atlantis* e se dirigiram ao telescópio. Ao abrir a porta de acesso, um deles exclamou: “Esse telescópio tem a massa grande, mas o peso é pequeno.”



Considerando o texto e as leis de Kepler, pode-se afirmar que a frase dita pelo astronauta

- a) se justifica porque o tamanho do telescópio determina a sua massa, enquanto seu pequeno peso decorre da falta de ação da aceleração da gravidade.
- b) se justifica ao verificar que a inércia do telescópio é grande comparada a dele próprio, e que o peso do telescópio é pequeno porque a atração gravitacional criada por sua massa era pequena.
- c) não se justifica, porque a avaliação da massa e do peso de objetos em órbita tem por base as leis de Kepler, que não se aplicam a satélites artificiais.
- d) não se justifica, porque a força-peso é a força exercida pela gravidade terrestre, neste caso, sobre o telescópio e é a responsável por manter o próprio telescópio em órbita.
- e) não se justifica, pois a ação da força-peso implica a ação de uma força de reação contrária, que não existe naquele ambiente. A massa do telescópio poderia ser avaliada simplesmente pelo seu volume.

A.5 Questionário de opinião

Ao final dos encontros foi aplicado um questionário de opinião sobre a oficina tanto referente aos assuntos debatidos, quanto ao interesse e visão do aluno sobre a importância da interdisciplinaridade. Abaixo na Figura A.4 é mostrado esse questionário.

AVALIAÇÃO DO CURSO

OBS: - Não é necessário se identificar!

- Preencha cada aspecto utilizando os seguintes critérios:

I = Insuficiente R = Regular B = Bom MB = Muito bom

1. Tópicos de física abordados.	
2. Tópicos de biologia abordados.	
3. Discussões realizadas.	
4. Maneira como foi conduzido o curso e as atividades.	
5. Sequência dos tópicos abordados.	
6. Questão interdisciplinar.	
7. Qualidade do material apresentado.	
8. Pontualidade e aproveitamento do tempo do curso.	
9. Carga horária.	
10. Pré-requisitos.	
11. Pode ser considerado um curso...	

Itens adicionais:

1. Considero que fui um participante/aluno...	
2. Tenho a impressão de que o que e quanto aprendi neste curso foi...	
3. Considero meu interesse por física e biologia.	
4. Considero a interdisciplinaridade importante como facilitador da aprendizagem como sendo ferramenta....	

Comentários, críticas e/ou sugestões:

Figura A.4: Questionário de opinião aplicado no término da oficina.