

**COMPREENSÃO CELULAR DOS EFEITOS DO EXERCÍCIO FÍSICO NA CONDIÇÃO DE DIABETE: ANÁLISE DE ESTRATÉGIA DIDÁTICA APLICADA A JOVENS DO ENSINO MÉDIO**

Felipe Ramos Melo<sup>1</sup>, André Williams Bazzo Fernandes<sup>1</sup>, Fernanda Yoshiko Souza Nishi<sup>1</sup>, Vinícius de Lima Montello Jardim<sup>1</sup>, Luciane Candeloro<sup>1</sup>, Ludimila Canuto Faccioni<sup>1</sup>

**RESUMO**

A glicose é a principal molécula energética do corpo humano, sendo internalizada por adipócitos e miócitos por transportadores GLUT4 presentes na citomembrana mediante ação de insulina. No diabetes, a ausência ou disfuncionalidade da insulina causa hiperglicemia. Esse quadro tem aumentado mundialmente entre os adolescentes. Aliado no controle do diabetes, o exercício físico estimula translocamento de GLUT4, independentemente da insulina, para a membrana plasmática. Este trabalho propôs uma dinâmica que permitisse a compreensão da atividade física na melhora dos níveis glicêmicos. Aplicou-se questionários, pré e pós dinâmica, a 16 alunos do Ensino Médio de escola estadual de Campo Grande, MS. A dinâmica continha sequência lúdica com modelos da captação da glicose mediada pela atividade física. Resultados: Antes da dinâmica, os alunos pouco conheciam sobre a importância do exercício físico sobre a homeostasia glicêmica, mas reconheciam a importância da insulina para a absorção da glicose. Após a dinâmica, 81,25% dos alunos compreenderam que o GLUT4 atua aumentando a glicose dentro da célula e 68,8% deles, que o exercício físico favorece o translocamento do GLUT4 para a membrana plasmática. Conclusão: a atividade sugere promover conhecimento dos sujeitos sobre a regulação glicêmica e conscientizou a importância da atividade física no tratamento do diabetes.

**Palavras-chave:** Resistência à insulina. Material didático. Saúde. Prevenção.

1 - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

**ABSTRACT**

Cellular understanding of the effects of physical activity in diabetes: analysis of didactic strategy applied to high school students

Glucose is the primary energy molecule in the human body, internalized by adipocytes and myocytes through GLUT4 carriers expressed in the plasma membrane through insulin action. In diabetes, insulin absence or dysfunctionality leads to hyperglycemia. This clinical state has been on the rise worldwide among the youth. Physical activities are considered an ally in controlling diabetes, due to it stimulating insulin-independent GLUT4 translocation to the cell membrane. This paper proposes an educational activity to allow comprehension of the effects of exercise in adjusting the glucose levels in the blood. Questionnaires were applied, pre and post dynamics, to 16 students of a public High School institution in Campo Grande, MS, Brazil. The dynamic was composed by a ludic sequence of models about the exercise-mediated glucose intake. Results: Before the activity, the students had little to no knowledge about glicemic homeostase and the importance of physical activity for it, though recognized the importance of insulin for glucose absorption. After the dynamic, however, 81,25% of the students understood that GLUT4 acts heightening intracellular glucose and 68,8% understood that physical exercise favors GLUT4 translocation to the plasmatic membrane. Conclusion: The activity seems to promote the subjects' knowledge about glucose regulation and allows conscientization of the physical activity in diabetes treatment.

**Key words:** Insulin resistance. Material education. Health. Prevention.

E-mail dos autores:

felipe\_ramos\_melo@ufms.br  
andre.williams@ufms.br  
fernanda\_nishi@ufms.br  
vinicius.montello@ufms.br  
luciane.candeloro@ufms.br  
ludimila.faccioni@ufms.br

## INTRODUÇÃO

Uma revisão sistemática com metanálise realizada em 2021 por pesquisadores paranaenses revelou que entre 22% e 25% dos jovens brasileiros apresentam excesso de peso, taxa similar à encontrada em países considerados desenvolvidos, como os Estados Unidos e países da Europa Ocidental (Guedes, Mello, 2021).

Segundo a Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar (PeNSE), realizada em 2015, a prevalência de estilo de vida sedentário alcançou alarmantes 67,8% (Ferreira, Andrade, 2021).

A diabetes melito é uma síndrome caracterizada por alteração no metabolismo devido às concentrações elevadas de glicose no sangue com diferentes causas e manifestações clínicas (Silverthorn, 2016).

A glicose é a fonte de energia mais utilizada pelo corpo humano, sendo transportada para dentro das células adiposas e musculares por meio de transportadores proteicos chamados GLUT4, os quais são translocados para membrana plasmática por estímulo da insulina (Machado, 1998). É a presença da insulina que associada a receptor específico de membrana desencadeia a fosforilação de sucessivas proteínas intracelulares ocasionando a translocação do GLUT4 e conseqüentemente a entrada da glicose para dentro da célula, sendo fundamental no controle glicêmico (Machado, 2006).

A queda dos níveis de insulina leva ao processo de internalização dos transportadores GLUT4, reduzindo o transporte de glicose para o tecido (Machado, 2006).

Todavia, em pacientes portadores de diabetes mellitus 1, existe deficiência de insulina, decorrente de uma destruição autoimune das células beta pancreáticas (Vilar e colaboradores, 2021).

Em indivíduos portadores de diabetes mellitus 2, há a redução da capacidade dos tecidos responderem a ação da insulina (Machado, 1998). Este fato se deve aos aspectos poligenéticos: sedentarismo, dieta hipercalórica, obesidade e inflamação crônica, o que leva o indivíduo a apresentar resistência à insulina, culminando em hiperglicemia (Vilar e colaboradores, 2021).

Estratégias alimentares são os pilares para o controle e tratamento do diabetes II

(Venkatasamy e colaboradores, 2013) tanto quanto a atividade física.

Segundo Wang e Huang, (2021), o esporte é uma prática saudável, além de ser coadjuvante simples, fácil, seguro e eficaz para a prevenção e tratamento do diabetes e merece divulgação clínica.

Quando nos exercitamos regularmente, vias intracelulares independentes da ação de insulina, são acionadas e translocam o GLUT4 para a membrana plasmática favorecendo a entrada da glicose nas células adiposas e musculares (Venkatasamy e colaboradores, 2013; O'Neill, 2013), isso é excelente do ponto de vista terapêutico.

Tais conhecimentos científicos são complexos para o entendimento dos jovens no início do ensino médio, pois é nessa fase que eles começam a compreender o que são células e papel de seus componentes para nosso organismo.

No entanto, é nessa fase que o conhecimento celular pode responder a muitas indagações relacionadas às nossas necessidades fisiológicas e sobre a origem das doenças.

Acreditamos que a educação é o cerne para desacelerar os dados epidemiológicos atuais sobre o diabetes. O conhecimento sobre a fisiologia e controle do diabetes associado às práticas regulares de atividade física devem ser trabalhadas nas escolas, de modo dinâmico, lúdico e interativo, para que os jovens alunos conheçam como as células captam a glicose, diminuindo assim a glicemia e como a alimentação hipercalórica e o sedentarismo aumentam as chances de se desenvolver o diabetes. A partir desses conhecimentos, os alunos podem apresentar uma melhora na qualidade da alimentação, assim como aumentar as práticas de atividades físicas regulares, o que possivelmente poderá contribuir para a redução dos índices municipais de Diabetes.

Numa abordagem desafiadora de ensinar sobre esses mecanismos, acreditamos que o controle e o tratamento precisam ser esclarecidos sob a perspectiva de restaurar a homeostasia, sob o aspecto celular.

É comum observarmos projetos dirigidos por professores e extensionistas na rede pública de ensino (Waiteman e colaboradores, 2015; Rolinho e colaboradores, 2016) que trabalham as informações gerais sobre a obesidade e diabetes

predominantemente por meio de palestras. Contudo, outros trabalhos utilizam-se de jogos e dinâmicas (Macedo, 2005; Faccioni, Soler, 2018) para promover melhores condições de ensino-aprendizagem.

A ludicidade é um recurso pedagógico muito discutido para a promoção da aprendizagem, por permitir diferentes estímulos ao aluno, no âmbito cognitivo, emocional e do prazer. Esse recurso pode despertar o interesse do aluno levando-o a adquirir conhecimentos por meio da exploração de diversos sentidos e de maneira agradável.

A ludicidade é inerente à criança e ao jovem e propicia um maior empenho e envolvimento dos alunos em atividades didáticas (Antunes, 2002). No entanto, ela deve permear um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de um objetivo específico na educação, caracterizando uma sequência didática (Zabala, 1998).

O ambiente de ensino e aprendizagem tem um papel crucial na abordagem sobre doenças modernas, uma vez que trabalha com os indivíduos no período de formação de seus hábitos, comportamentos e opiniões, além deles serem multiplicadores de informações na comunidade e na família.

Portanto, o trabalho propôs a análise de uma dinâmica, com recursos lúdicos cuja sequência didática buscou melhorar a compreensão dos alunos sobre a importância da atividade física no controle da glicemia. Para isso, foi aplicado um questionário de múltipla escolha que avaliou os conhecimentos prévios dos alunos sobre diabetes e como funciona a captação de glicose pelas células adiposas e musculares mediante o exercício físico.

Após as atividades propostas pelo projeto, foi aplicado um outro questionário aos mesmos alunos a fim de comparar se as práticas didáticas e integrativas auxiliaram na compreensão sobre o assunto abordado.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Amostra

A pesquisa foi realizada com 16 estudantes do primeiro ano do ensino médio da escola estadual Prof. Emygdio Campos Widal, situada na Av. Bom Pastor, 460 - Vila Boas, Campo Grande - MS, 79051-220. Todas as etapas do projeto foram desenvolvidas em conformidade com os aspectos éticos previstos

na Resolução 466/12 (Brasil, 2012) e Resolução 510/16 do Conselho Nacional de Saúde (Brasil, 2016), e o estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Instituição (CAEE: 56119522.0.0000.002).

Os estudantes participantes e seus responsáveis foram devidamente informados sobre os objetivos e procedimentos envolvidos, e assinaram os termos de assentimento e consentimento livre e esclarecido da UFMS (TALE e TCLE). Foi informado aos participantes que poderiam renunciar à participação em qualquer momento caso se sentissem desconfortáveis com alguma etapa, e que a equipe de pesquisa estaria disponível para esclarecer quaisquer dúvidas e oferecer apoio necessário.

### Tipo de estudo e coleta de dados

O presente estudo baseou-se na metodologia de pesquisa-ação proposta por Tripp (2005), contemplando a análise de informações provenientes de questionários empíricos aplicados a respondentes específicos.

Foram gerados gráficos comparativos entre o quantitativo de acertos do questionário de soldagem antes e após a intervenção didática. Essa intervenção envolveu a utilização de modelos e dinâmicas representativos do processo de resistência à insulina e as respostas do corpo humano em função do exercício físico, com foco na importância da utilização da glicose pela célula e da insulina nesse processo.

Foi realizada a aplicação de um questionário de múltipla escolha, com o intuito de avaliar tanto os conhecimentos prévios quanto os adquiridos pelos participantes em relação à importância da atividade física para indivíduos portadores de Diabetes Mellitus.

Ademais, durante o desenvolvimento da intervenção didática, observaram-se os comportamentos dos alunos, identificando suas eventuais dificuldades e seu nível de motivação em relação ao tema, utilizando a linguagem corporal e as expressões faciais como método de análise.

### Sobre os materiais utilizados como modelos didáticos durante as dinâmicas

#### Caixas laranjas

Caixas de isopor foram utilizadas para representar as células humanas dependentes de insulina para sobreviver. Para tanto, foram utilizados estudos fundamentados em literatura, com o intuito de destacar elementos na membrana plasmática (paredes da caixa) e em seu interior (organelas) como os principais elementos em consonância com o tema

proposto (Goodyear, Kahn, 1998; Linhares, Gewandsznajder, 2012; O'Neill, 2013; Venkatasamy e colaboradores, 2013; Guyton, Hall, 2017; Pawlina, Ross, 2021; Wang, Huang, Wang, 2021). Uma das caixas apresentou um corte retangular em uma de suas paredes, de forma que o aluno pudesse enxergar seu interior e percebesse seus componentes intracelulares (envelope nuclear, mitocôndrias, retículo endoplasmático, aparelho de Golgi) (Figura 1). Essa célula representativa, os alunos não conseguem acessar seu interior.



**Figura 1** - Caixa simbolizando uma célula humana. Em 1, a célula demonstrando uma das paredes (membrana plasmática) com um corte retangular com acrílico transparente pelo qual é possível visualizar o interior da célula e as organelas (número 4). Em 2 e 3 a tampa da caixa foi removida para melhor visualização das estruturas internas, contudo, na dinâmica, ela não é removida, deixando a célula "hermeticamente" fechada.

A segunda caixa, semelhante a primeira, agora representa a mesma célula, mas com espaços na membrana (círculos vazados) simulando a localização de portais para glicose, onde permite-se a inserção dos transportadores GLUT4 (anéis de PVC de 20mm pintados em vermelho) (Figura 2).

Portanto as caixas são constituídas de isopor e pintadas na cor laranja, os elementos tridimensionais feitos em EVA de 2mm e os transportadores GLUT4 em anéis de PVC (Figura 1 e 2). Conforme registrado na literatura vigente, a entrada de glicose na maior parte das

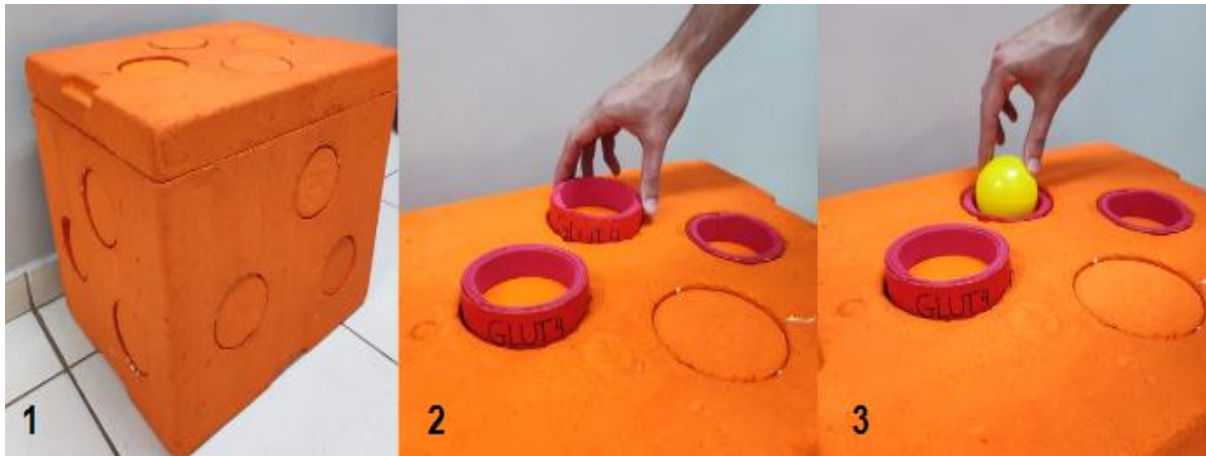
células humanas requer a presença de insulina (Guyton, Hall, 2017).

A primeira célula representa uma célula sem a presença de insulina e, portanto, incapaz de permitir a entrada de glicose (bolinhas plásticas) em seu interior. Nesse contexto, as bolinhas ficam fora da caixa, caracterizando a hiperglicemia, e a célula sem glicose, sem poder produzir energia para suas funções vitais.

A segunda caixa apresenta elementos que permitem a entrada da glicose, pois existem anéis de PVC que podem ser inseridos

nos orifícios criados na parede da caixa permitindo a passagem de bolinhas (glicose) de fora para o interior da caixa. Porém, a inserção desse anel (GLUT4) depende de insulina, mas

não existe insulina nesse caso, pois estamos lidando com diabetes, seja ela do TIPO I ou II (na ausência da insulina, ou em sua impotência de realizar sua função).



**Figura 2** - Caixa (representativa de uma célula dependente de insulina) com os orifícios para o encaixe dos anéis de GLUT 4 (número 1). Em 2, observa-se a introdução dos anéis na caixa, permitindo a inserção da bola de plástico representando a glicose (número 3).

A proposta é mostrar que existe uma forma de fazer com que o GLUT seja inserido na membrana independente da insulina, por meio da atividade física (Goodyear, Kahn, 1998).

A entrada de glicose na célula por meio da atividade física é permitida pelo aumento da concentração de AMP no citoplasma. Esse AMP aumentado pela atividade física tem o poder de translocar o GLUT4 para a membrana plasmática, diminuindo a glicemia no sangue (O'Neill, 2013).

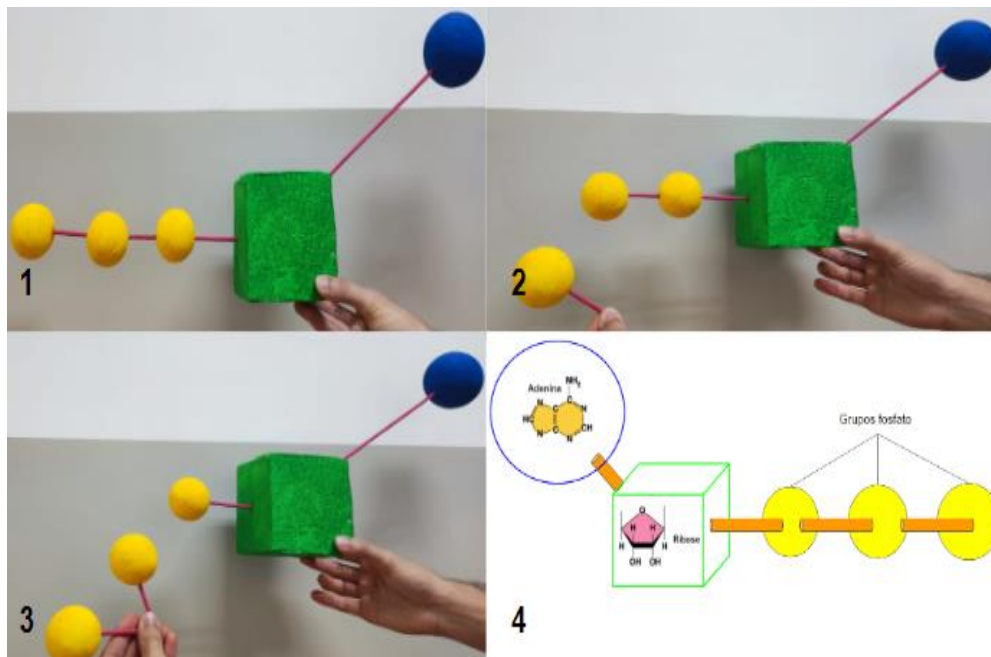
#### Maquete da molécula de ATP

A energia fornecida pela glicose intracelular é representada no metabolismo energético pelas moléculas de ATP (adenosina trifosfato), a qual é capaz de liberar energia e promover as atividades que acontecem nas células, como por exemplo a contração muscular.

As moléculas de ATP (adenosina trifosfato) apresentam ligações entre os grupos fosfato, que quando quebradas liberam a

energia armazenada. À medida que essas ligações são rompidas, a quantidade de energia armazenada na molécula de ATP diminui, até que a molécula se torne ADP (adenosina difosfato) e, em seguida, AMP (adenosina monofosfato). A fim de restabelecer a quantidade de moléculas de ATP necessárias para os processos fisiológicos do metabolismo, é realizada a captação de glicose pela célula, e em seguida, executado o processo da respiração celular (Pawlina, Ross, 2021).

Com base nos fundamentos apresentados em livros de ensino superior, como o Princípios de bioquímica de Lehninger (2014), e na literatura do ensino médio vigente, conforme Linhares e Gewandszajder (2012), foi elaborada a maquete com o uso de isopor, em formato esférico e quadrangular, juntamente com palitos de madeira (Figura 3). As formas geométricas representam as moléculas, enquanto os palitos representam as ligações químicas entre as moléculas de ATP. A maquete representa, de forma didática e concisa, o processo de "quebra do ATP" e liberação de energia.



**Figura 3 - E, 1,** observa-se uma molécula de ATP, sendo as bolas amarelas representativas de moléculas de fosfatos. Em 2 e 3 indicam a remoção de um palito com uma bola de isopor, representando a quebra sucessiva da molécula de ATP em difosfato (2) e monofosfato (3). Em 4, observa-se os elementos que formam a molécula de ATP.

### Sobre a dinâmica em grupo

Inicialmente, foi estabelecido um diálogo com os alunos do ensino médio sobre a importância da prática de atividades físicas e sua influência em fatores de diabetes e obesidade, questionando-os se eles têm conhecimento sobre esses temas. Em seguida, são induzidos a refletirem sobre como a glicose adentra o interior da célula.

Para melhor elucidação sobre a entrada da glicose na célula, o grupo é submetido a uma primeira dinâmica, a qual consistiu na formação de um círculo fechado formado pelos alunos e a tentativa de um aluno fora do círculo ingressar nele. A ideia é que o círculo representa a membrana celular, enquanto o aluno que tenta entrar simboliza uma molécula de glicose. Mediante a tentativa e posterior falha na entrada do aluno que representou a molécula de glicose foi realizada

outra dinâmica na qual foram utilizadas uma caixa de isopor e bolinhas com o intuito de reforçar a tese de que a glicose não entra de forma simples na célula. A caixa de isopor e as bolinhas representavam a célula e as moléculas de glicose respectivamente, entretanto a caixa em questão é fechada e não permite a entrada de bolinhas (Figura 1). Então, é mencionado que é necessário um hormônio chamado insulina que permite o aparecimento de portais nas membranas celulares, os quais permitem a entrada da glicose na célula.

Em seguida, outra dinâmica foi proposta a fim de demonstrar como a atividade física permite a entrada de glicose na célula. Nessa, os alunos realizaram uma série de exercícios físicos em dupla (corrida com bola, polichinelo e amarelinha) e após completarem cada atividade a dupla estourou um balão e obtém um anel (GLUT4) a cada série realizada (Figura 4).



**Figura 4** - alunos realizando as atividades recreativas propostas.

Após o término dos exercícios e a conquistas dos anéis (GLUT 4), os alunos foram convidados a compreender sobre a importância da molécula de ATP nas atividades celulares, ou mesmo nas atividades que executamos no dia a dia e na atividade física. Para isso foi utilizado o modelo apresentado na Figura 3. Com esse modelo, em uma abordagem lúdica, o aluno compreendeu que na ausência de glicose, o ATP vai sendo quebrado até virar AMP (adenosina monofosfato), o que é incomum, pois conseguimos quebrar até difosfato geralmente. Além disso, foi apresentado aos alunos o conceito de uma nova molécula chamada AMPK, ativada pela concentração aumentada de AMP, a qual atua na captação de glicose para o interior da célula, uma vez que ela consegue colocar o GLUT4 (portal da glicose) na membrana plasmática, permitindo que a glicose entre na célula e possa ser substrato para formar mais ATP

Para elucidar esse efeito de captação de glicose mediada pela atividade física, utilizou-se a caixa contendo espaço para o encaixe dos anéis (Figura 2). Um dos acadêmicos evidenciou esse fenômeno, através do encaixe do anel (GLUT4) na caixa. Assim, os alunos foram convidados a introduzirem a bola de plástico (representando a glicose) no orifício da caixa (Figura 5), revelando aos alunos uma nova via de captação de glicose, potencializada pela prática de exercícios físicos, independente de insulina. Haja visto que normalmente é a insulina liberada após as refeições que funciona como um sinalizador para que o GLUT seja translocado para a membrana, reduzindo a glicemia sanguínea. No quadro de diabetes, existe a ausência da insulina ou a sua não funcionalidade, dessa forma, a atividade física favorece o aporte energético, pelo aumento do AMPK.



**Figura 5** - alunos participando da dinâmica por meio da inserção da bola de plástico representando a glicose.

Dessa forma, obteve-se uma explicação fisiológica/celular da importância da prática de atividade física no manejo da glicemia, a qual serve como ferramenta complementar para o controle glicêmico em indivíduos acometidos pela diabetes.

Essa transposição didática, utilizando-se de caixas laranjas como ferramenta pedagógica, foi idealizada pela equipe de estudantes da faculdade de Medicina (FAMED) da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, os quais foram desafiados pelo projeto de extensão “A célula e a origem das doenças” (Faccioni, Soler, 2018) a desenvolver um método interativo que respeitasse a individualidade dos participantes e promovesse maior integração e comunicação entre os envolvidos numa relação de horizontalidade na construção do conhecimento.

## RESULTADOS

Dos 16 alunos participantes, 75% disseram conhecer alguém com diabetes, dados apresentados na questão 1 (Tabela 1).

A respeito da prática de exercícios físicos, 93,75% dos participantes realizavam exercícios físicos regularmente ou pretendiam começar a fazer, enquanto 6,75% não realizava exercícios físicos ou não pretendia fazê-los. Esse resultado se manteve após a dinâmica, segundo consta na questão 2 (Tabela 1).

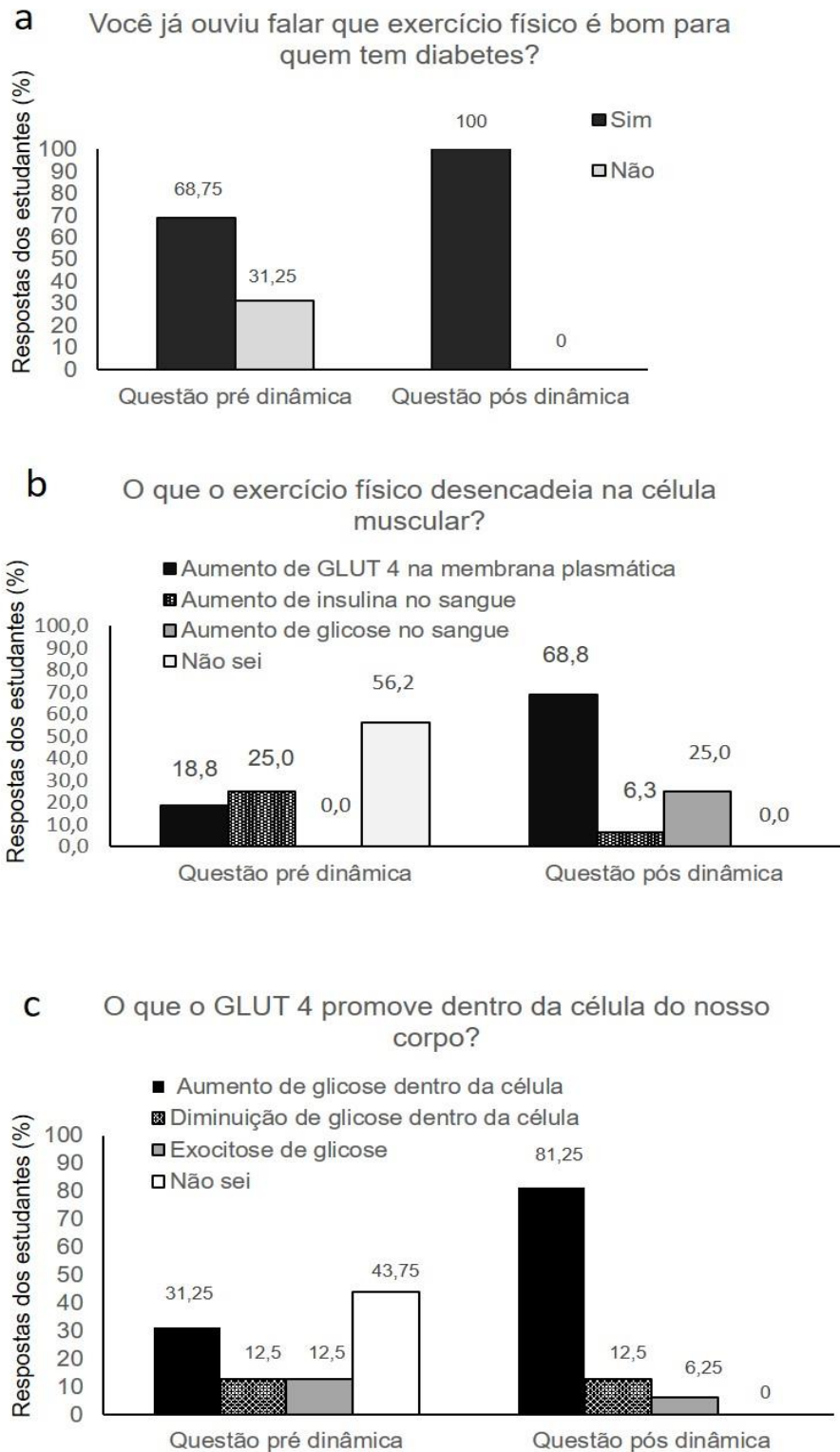
Na questão sobre “Você gosta de praticar exercício físico, porquê?”, inicialmente 25% dos alunos optaram pela alternativa “Te deixa mais saudável”, 6,25% optaram pela alternativa “Te deixa mais bonito” e 68,75% optaram por ambas as alternativas, sendo que nenhum aluno indicou não gostar de exercícios físicos. Ao término da estação, o número de alunos que selecionou a opção “Te deixa mais saudável” manteve o mesmo, contudo a quantidade de alunos que selecionaram ambas as alternativas aumentaram para 75% (questão 3, Tabela 1).

Ao serem questionados sobre os benefícios do exercício para pacientes com diabetes, 68,75% dos alunos referiram que já tinham ouvido falar na existência de benefícios, enquanto 31,25% responderam que não tinham conhecimento da existência desses benefícios. Após a realização da dinâmica, 100% reconheceram sobre a existências dos benefícios relacionados ao exercício físico (Figura 6.a).

Sobre os efeitos desencadeados pelo exercício físico, o total de participantes que marcou a opção “não sei” correspondeu a 56,2%, enquanto 18,8% marcaram a opção “Aumento de GLUT4 na membrana plasmática” e 25% marcaram a opção “Aumento de insulina no sangue”. Ao fim da dinâmica, 68,8% dos alunos haviam selecionado a alternativa “Aumento de GLUT4 na membrana plasmática” como a alternativa correta, ao mesmo tempo, nenhum aluno marcou a alternativa “não sei” após a dinâmica. O número de alunos que marcaram a alternativa “aumento da glicose no sangue” aumentou de 0 para 25% (Figura 6.b).

Sobre os possíveis efeitos do GLUT4 nas células do organismo, a maior porcentagem de respostas (43,75%) foi atribuída à opção “Não sei”. A segunda resposta mais selecionada antes da realização da dinâmica, com 31,25% foi a alternativa “aumento da glicose dentro da célula”, seguidos por “diminuição de glicose dentro da célula” e “exocitose de glicose”, com 12,5% cada uma. Após a realização da dinâmica de ensino, a porcentagem de alunos que marcou a alternativa “aumento da glicose dentro da célula” passou a 81,25%, enquanto o total de alunos que marcou a alternativa “diminuição de glicose dentro da célula” permaneceu inalterado e o número de alunos que marcou a alternativa “exocitose da glicose” se reduziu à metade, de 12,5% para 6,25%. Cabe ressaltar que, após a dinâmica, nenhum aluno marcou a alternativa “não sei” (Figura 6.c).





**Figura 6** - Respostas dos estudantes sobre a atuação do exercício físico na célula muscular e o seu mecanismo de ação.

A respeito do hormônio responsável pela entrada de glicose nas células, 81,25% dos alunos responderam corretamente insulina, enquanto 18,75% dos alunos não souberam responder. A quantidade de respostas para insulina aumenta para 93,75% após a dinâmica, resultado descrito na questão 4 (Quadro 1).

Previamente à realização da dinâmica, 56,25% dos alunos registraram já ter conhecimento de que “tudo o que acontece dentro das células é por vias bioquímicas”, enquanto os 43,75% restantes desconheciam essa informação. Após a realização da dinâmica, o número de alunos que afirmaram “tudo o que acontece dentro das células é por vias bioquímicas” aumentou para 81,25%, de acordo com os dados da questão 5 (Quadro 1).

A respeito dos efeitos da ausência do GLUT4 na membrana, 50% dos alunos não sabiam responder, enquanto 25% selecionaram a alternativa “hipoglicemia” e outros 25% selecionaram a alternativa

“hiperglicemia”. Após a realização da dinâmica, 50% selecionaram a opção “hipoglicemia”, 37,5% selecionaram hiperglicemia, 6,25% selecionaram hiperinsulinemia e 6,25% selecionaram “não sei”, resultados abordados na questão 6 (Quadro 1).

Ao serem questionados sobre o que é o ATP, inicialmente 62,5% selecionou a alternativa “Energia produzida pela mitocôndria”, enquanto 18,75% selecionaram “Proteínas produzidas pelos ribossomos” e 18,75% responderam que não sabiam. Após a realização da dinâmica, 81,25% escolheram a opção “Energia produzida pela mitocôndria”, segundo consta a questão 7 (Quadro 1).

Quando questionados se praticariam exercícios físicos caso soubessem que possuem diabetes, inicialmente 93,75% dos participantes responderam que sim, número que atingiu 100% após a realização da dinâmica, conforme os dados apresentados na questão 8 (Quadro 1).

**Quadro 1** - Porcentagem de respostas de questionário aplicado antes e após a intervenção didática sobre glicose, insulina, diabetes e exercício físico.

Questão	Alternativa	Respostas iniciais (%)	Respostas pós-intervenção didática (%)
1- Você tem parente ou conhecido com diabetes?	Sim Não	75% 25%	93,75% 6,25%
2- Você faz exercício regularmente ou pretende começar a fazer?	Sim Não	93,75% 6,25%	93,75% 6,25%
3- Você gosta de praticar exercício físico, porquê?	Te deixa mais saudável Te deixa mais bonito Os dois casos acima. Não gosto de exercício físico.	25% 6,25% 68,75% 0%	25% 0% 75% 0%
4- Qual hormônio permite que a glicose entre dentro de nossas células?	Glucagon Insulina Leptina Não sei	0% 81,25% 0% 18,75%	6,25% 93,75% 0% 0%
5- Você sabia que tudo que acontece dentro das células é por vias bioquímicas?	Sim Nunca ouvi falar.	56,25% 43,75%	81,25% 18,75%
6- A ausência de GLUT4 na membrana promove:	Hipoglicemia. Hiperglicemia. Hiperinsulinemia. Não sei.	25% 25% 0% 50%	50% 37,5% 6,25% 6,25%
7- O ATP é:	Energia produzida pela mitocôndria.	62,5%	81,25%

**Quadro 1** - Porcentagem de respostas de questionário aplicado antes e após a intervenção didática sobre glicose, insulina, diabetes e exercício físico.

Questão	Alternativa	Respostas iniciais (%)	Respostas pós-intervenção didática (%)
	Proteínas produzidas pelo ribossomo.	18,75%	18,75%
	Gordura produzida no citoplasma.	0%	0%
	Não sei.	18,75%	0%
8- Você se exercitaria se soubesse que tem diabetes?	Sim.	93,75%	100%
	Não.	0%	0%
	Não sei.	6,25%	0%

## DISCUSSÃO

Essa pesquisa propõe uma dinâmica lúdica de aprendizado, destinada a jovens, para promover a compreensão sobre o papel do GLUT4 na homeostasia glicêmica e da importância da atividade física para o quadro de diabetes, sob uma perspectiva celular e fisiológica (Guyton, Hall, 2017).

De fato, resultados da Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar (PeNSE), no qual foi revelado que o estilo de vida sedentário de jovens alcançou dados alarmantes apontam a necessidade de iniciativas voltadas aos adolescentes que tenham como diretrizes a promoção de estilos de vida saudáveis (Ferreira, Andrade, 2021).

Existe associação entre o sedentarismo e fatores de risco comportamentais comuns na adolescência, como evasão escolar, tabagismo, relações sexuais precoces e desprotegidas, consumo de drogas, dentre outros (Nelson, 2006), destacando, portanto, a importância da abordagem lúdica no estímulo à prática de atividade de exercício físico e o combate ao sedentarismo nessa faixa etária.

Nosso trabalho mostrou que mais de 93% dos alunos envolvidos nas atividades realizavam ou pretendiam fazer atividade física regularmente.

No entanto, o desejo de realizar atividade física não representa o não sedentarismo, haja visto que a pretensão em realizar atividade física não acompanha a ação propriamente dita.

Além disso, o resultado mostrou o interesse do estudante em se movimentar baseado na sua preocupação relacionada à beleza e a saúde para 75% dos participantes.

75% dos estudantes conheciam alguém com diabetes e 68% sabiam que a atividade física é importante nessa condição. Contudo, embora 81,2% soubessem que a insulina tem um importante papel na absorção celular da glicose, a maioria não sabia do papel do GLUT4 nesse processo e da importância do exercício físico sobre esse transportador.

De fato, esses conhecimentos não são abordados no currículo do ensino médio e tão pouco divulgados comumente para a população.

Por isso do desenvolvimento de uma sequência didática e lúdica, contendo modelos representativos do ambiente fisiológico humano, de forma a facilitar a compreensão desses mecanismos celulares aos jovens. A dinâmica proposta foi eficiente na medida que aumentou o número de estudantes que compreenderam o papel da insulina e do exercício físico sobre o transportador GLUT4.

Contudo, embora o aluno compreendesse que o GLUT4 na membrana aumenta a glicose intracelular, ele foi incapaz de relacionar esse fenômeno com a hipoglicemia, sendo que apenas 37% dos participantes compreenderam essa relação.

Com a dinâmica apresentada, é possível observar que o aluno se apropria de novos conceitos, mesmo esses sendo complexos e estudados no âmbito da faculdade, em cursos de saúde.

Além disso, é percebido que novos métodos de ensino podem garantir a antecipação de conhecimentos importantes relacionados à saúde, os quais se tornam ferramentas para decisões importantes relacionadas a nutrição e atividade física.

Cabe destacar que, ao longo dos anos, tem sido verificada o aumento de estratégias

didáticas e/ou metodologias de ensino que tenham o aluno como centro, onde ele aprende de forma ativa, em vez de seguir um modelo tradicional, em que o aluno aprende termos apresentados pelo professor passivamente (Freeman e colaboradores, 2014).

Por isso, metodologias que usam processos de gamificação tomam a vanguarda do ensino - principalmente quando alunos mais jovens, nos Ensinos Fundamental e Médio, têm oportunidade de participar, uma vez que faixas etárias mais jovens têm como característica não só serem inerentemente lúdica (Antunes, 2002) como possuírem maior neuroplasticidade e maior capacidade de formação de memórias, tornando esse tipo de metodologia ativa particularmente eficiente (Kolb e colaboradores, 2017).

No Brasil, já pode ser observada a realização de projetos que desenvolvem atividades educativas que fazem o uso de mecanismos lúdicos para explicar conceitos de saúde considerados complexos para a faixa etária de jovens, como os de fisiologia do exercício físico (Altermann e colaboradores, 2017; Macedo, 2005; Faccioni, Soler, 2018).

Nosso estudo demonstrou que houve aquisição de conhecimentos após a dinâmica, tanto em perguntas de cunho subjetivo e sem grande aprofundamento teórico ("Pergunta: Você se exercitaria se soubesse que tem diabetes?") como em perguntas objetivas que envolvem conceitos fisiológicos comumente alheios a alunos do ensino médio (como as perguntas envolvendo as funções da insulina e do transportador GLUT4).

Este trabalho teve como principal vantagem a aplicação de um processo metodológico ativo, lúdico e gamificado, permitindo aquisição de novos conceitos biológicos.

## CONCLUSÃO

A proposta pedagógica apresentada, mediada por modelos representativos e sequência didática orientada, demonstrou que ações lúdicas e interativas trabalhadas no ambiente escolar podem contribuir para o processo de aprendizado sobre a homeostasia glicêmica e a importância da atividade física para redução da resistência à insulina, uma vez que promove o aprendizado de novos conceitos biológicos por jovens em formação.

## REFERÊNCIAS

- 1-Altermann, C.; e colaboradores. Divulgando Fisiologia na escola: ênfase nos benefícios da atividade física. *Revista Ciência em Extensão*. Vol. 13. Num. 1. 2017. p.167-175.
- 2-Antunes, C. Novas maneiras de ensinar, novas formas de aprender. Porto Alegre: Artmed. 2002. p. 7-14.
- 3-Faccioni, L.C.; Soler, R.R. Abordagem lúdica sobre os aspectos celulares do diabetes e da obesidade para alunos do ensino médio. *Revista Brasileira de Extensão Universitária*. Vol. 9. Num. 1. 2018. p. 27-37.
- 4-Ferreira, C.S.; Andrade, F.B. Desigualdades socioeconômicas associadas ao excesso de peso e sedentarismo em adolescentes brasileiros. *Ciência & Saúde Coletiva*. Vol. 26. Num. 3. 2021. p. 1095-1104.
- 5-Freeman, S.; Eddy, S.L.; McDonough, M.; Smith, M.K.; Okoroafor, N.; Jordt, H.; Wenderoth, M.P. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proc Natl Acad Sci USA*. Vol. 11. Num. 23. 2014. p. 8410-8415.
- 6-Goodyear, L.J. ; Kahn, B.B. Exercise, glucose transport, and insulin sensitivity. *Annu Rev Med*. Vol. 49. p. 235-61. 1998. doi: 10.1146/annurev.med.49.1.235. PMID: 9509261.
- 7-Guyton, A. C.; Hall, J. E. Tratado de Fisiologia Médica. 13<sup>o</sup> ed. Rio de Janeiro. Elsevier. 2017. p. 983-999.
- 8-Guedes, D.P.; Mello, E.R.B. Prevalência de sobrepeso e obesidade em crianças e adolescentes brasileiros: revisão sistemática e metanálise. *ABCS Health Sci*. Vol. 46. 2021. p. 1-12.
- 9-Machado, U.F. Transportadores de glicose. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*. Vol. 42. Num. 6. 1998. p. 413-421.
- 10-Machado, U.F.; Schaan, B.D.; Seraphim, P.M. Transportadores de glicose na síndrome metabólica. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*. Vol. 50. Num. 2. 2006. p. 177-189.

11-Macedo, L.; Petty, A.L.; Passos, N.C. Os Jogos e o Lúdico na Aprendizagem Escolar. Porto Alegre. Artmed. 2005. p.18-19.

12-Kolb, B.; Harker, A.; Gibb, R. Principles of plasticity in the developing brain. *Developmental Medicine & Child Neurology*. Vol. 59. Num. 12. 2017. p. 1218-1223.

13-Linhares, S.; Gewandszajder, F. *Biologia Hoje*. 2ª edição. São Paulo. Ática. 2012.

14-O'Neill, H.M. AMPK and Exercise: Glucose Uptake and Insulin Sensitivity. *Obesity and Metabolic Syndrome*. Vol.37. Num.1. p.1-21, 2013.

15-Nelson, D.L.; Cox, M.M. *Princípios de Bioquímica de Lehninger*. 6ª edição. São Paulo. Artmed. 2014. p. 506-542.

16-Nelson, M.C.; Larsen, G.P. Physical Activity and Sedentary Behavior Patterns Are Associated with Selected Adolescent Health Risk Behaviors. *Pediatrics*. Vol. 117. Num. 4. 2006. p. 1281-1290.

17-Pawlina, W.; Ross, M.H. *Ross histologia texto e atlas*. 8ª edição. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan. 2021. p. 28-80.

18-Rolinho, N.V.T.; Vieira, H.S.; Neri, D.F.M. Medicina na escola: a lição é a prevenção do diabetes. *Extramuros - Revista de Extensão da UNIVASF*. Vol. 4. Num. 2. 2016. p. 66-74.

19-Silverthorn, D.U. *Fisiologia Humana: uma Abordagem Integrada*. 7ª edição. Artmed. 2016. p. 745.

20-Tripp, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. *Educação e pesquisa*. São Paulo. Vol. 31. Num. 3. 2005. p.443-466.

21-Vilar, L. *Endocrinologia Clínica*. 7ª edição. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan. 2001. p. 1121-1124.

22-Venkatasamy, V.V.; Pericherla, S.; Manthuruthil, S.; Mishra, S.; Hanno, R. Effect of Physical activity on Insulin Resistance, Inflammation and Oxidative Stress in Diabetes Mellitus. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. Vol. 7. Num. 8. 2013. p. 1764-1766.

23-Wang, W.; Huang, W. J. The effect of physical exercise on blood sugar control in diabetic patients. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Vol. 27. Num. 3. 2021. p. 311-314.

24-Waiteman, M.C.; e colaboradores. Projeto de extensão: diabetes, você sabe o que é isso? In: 8o Congresso de extensão universitária da UNESP, 8., 2015, Presidente Prudente. Anais eletrônicos... Presidente Prudente: UNESP. 2015.

25-Zabala, A. A prática educativa: como ensinar. Porto Alegre. ArtMed. 1998.

Autor correspondente:

Ludimila Canuto Faccioni.

Setor de Histologia do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul.

Cidade Universitária, Av. Costa e Silva.

Pioneiros, Campo Grande-MS, Brasil.

CEP: 79070-900.

Recebido para publicação em 13/12/2023

Aceito em 06/02/2024