

Aprendizagem colaborativa com suporte computacional no ensino-aprendizagem de bioinformática clínica: Relato de experiência.

Luciane Martins Zylbergeld ¹, Paula Toledo Palomino ², Alex Sandro Gomes ³

Abstract

The aim of this study was empirically evaluate the efficiency, as well as the student's experience and perception regarding the use of a collaborative pedagogical approach supported by computer in the teaching-learning of clinical bioinformatics. Twelve students from the online extension course in applied bioinformatics were divided into small groups and encouraged to develop evidence-based reasoning for solving a problem of molecular diagnosis using this approach. Based on empirical evidence and students' perception/experience, assessed by surveys and WhatsApp conversation statements, we suggest that approach shows a great potential to promote social presence, engagement, and collaboration, thus, contributing to the development of practical bioinformatics skills.

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar empiricamente a eficiência, bem como a experiência e a percepção do estudante quanto ao uso de uma abordagem pedagógica colaborativa apoiada por computador no ensino-aprendizagem de bioinformática clínica. Doze alunos do curso de extensão online em bioinformática aplicada foram divididos em pequenos grupos e incentivados a desenvolver raciocínios baseados em evidências para resolver um problema de diagnóstico molecular usando esta abordagem. Com base em evidências empíricas e na percepção/experiência dos alunos, avaliadas por pesquisas e conversas no WhatsApp, sugerimos que essa abordagem apresenta um grande potencial para promover a presença social, engajamento e colaboração, assim, contribuindo para o desenvolvimento de habilidades práticas de bioinformática.

¹Pós-Graduanda em Computação Aplicada à Educação, USP, lumazylber@gmail.com

²Co-orientadora, Ciências da Computação e Matemática Computacional - Universidade de São Paulo (ICMC-USP), paulatpalomino@usp.br

³Orientador, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil, asg@cin.ufpe.br

Cite as: Zylbergeld, L. & Palomino, P. & Gomes, A. (2020). Aprendizagem colaborativa com suporte computacional no ensino-aprendizagem de bioinformática clínica: Relato de experiência. Anais dos Trabalhos de Conclusão de Curso. Pós-Graduação em Computação Aplicada à Educação Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação. Universidade de São Paulo.

1. Introdução

A genômica, ramo da genética que estuda o genoma completo de um organismo, está revolucionando a pesquisa biomédica [Davies *et al.* 2019]. Em decorrência da conclusão do sequenciamento do genoma humano e da evolução e barateamento das iniciativas de sequenciamento, os dados genômicos e suas aplicações na área da saúde tem se tornado extremamente abundantes nos últimos 20 anos [Kanterakis 2018, Zorzetto 2019]. Os avanços produzidos nesta área têm sido cada vez mais utilizados em estudos clínico-genômicos, bem como para personalizar tratamentos, fazer diagnóstico e prognósticos, prever efeitos adversos resultantes de tratamentos com certas drogas, e desenvolver medicamentos inovadores [Marques 2015]. Isto contribuiu para o surgimento de uma nova profissão denominada bioinformática clínica, bem como para o surgimento de programas de treinamento e abordagens pedagógicas destinadas a capacitação de profissionais para análise e interpretação clínica dos dados genômicos e medicina de precisão [Davies *et al.* 2019, Marques 2015, Brown 2016]. No entanto, no Brasil programas de formação de bioinformatas clínicos e/ou capacitação de profissionais de saúde para atuarem na área de diagnóstico molecular e medicina de precisão é ainda incipiente e está, na maioria dos casos, restrita às Universidades e grandes centros de pesquisa [Marques 2015].

Nas últimas duas décadas, a bioinformática tornou-se intrínseca à pesquisa em ciências da vida, chamando a atenção para as deficiências e as necessidades de treinamentos em bioinformática e biologia computacional em todo o mundo [Attwood *et al.* 2019]. Embora, ferramentas de bioinformática, bancos de dados e princípios estatísticos tenham sido incorporados em alguns programas de educação em ciências da vida, a ciência de dados básica ainda é relativamente rara nos currículos de biociências, criando um abismo entre a teoria e a prática, e alimentando a demanda por treinamento em bioinformática em todos os níveis educacionais e carreiras [*Ibid.*]. Um estudo detalhado com comunidades globais atuando na área de biologia computacional e ciências da vida, mostram que existe uma necessidade real e urgente de treinamento em bioinformática para suprir o déficit mundial de profissionais atuando nesta área [*Ibid.*]. Esta pesquisa mostra que entre as principais necessidades de treinamento em bioinformática estão a aquisição de conhecimentos especializados e confiança na análise e interpretação dos dados. Além disso, esta pesquisa aponta que, em estágios posteriores da carreira, os workshops autônomos e recursos *online* são os caminhos preferidos para adquirir treinamento em bioinformática, sendo os cursos curtos (sejam ministrados pessoalmente ou *online*) uma das principais formas para diminuir as lacunas de habilidades. O sucesso destas iniciativas tem sido, frequentemente, resultado do trabalho árduo e da dedicação de instrutores em todo o mundo [*Ibid.*].

Nos últimos 20 anos, o uso de tutoriais e demonstrações da aplicação de alguns pacotes de *software* baseados em web, tem se estabelecido e evoluído como uma estratégia pedagógica para o treinamento em bioinformática. Entretanto, esta prática pedagógica requer constante revisão e atualização para manter-se sempre alinhado às mudanças nas tecnologias científicas. Isto se deve ao crescimento acelerado e aumento massivo de base de dados (de diferentes tamanhos e conteúdos), a proliferação de pesquisas altamente específicas e ferramentas de modelagem, avanço de algoritmos, definição de novos domínios/motivos biológicos, e melhora de gráficos interativos

[Davies *et al.* 2019]. Assim, várias abordagens pedagógicas colaborativas e investigativas, bem como as iniciativas de estabelecimento de comunidades de recursos e ferramentas, têm emergido na tentativa de superar os desafios impostos pela acelerada produção de informação e conhecimento na área genômica e o imenso abismo entre a teoria e a prática de bioinformática [Attwood *et al.* 2019, Brown 2016, Davies *et al.* 2019].

Durante nossa prática pedagógica de bioinformática aplicada à genômica, ministrando um curso de curta duração para a capacitação de profissionais de saúde em bioinformática no Brasil, nos últimos 4 anos, temos vivenciado vários destes desafios, incluindo a falta de engajamento de estudantes com diferentes formações e expertises (desequilíbrio entre habilidade e desafio), a dificuldade dos alunos e dos professores em lidar com a acelerada produção e difusão do conhecimento científico e o desafio de ensinar e aprender fenômenos complexos e abstratos e de difícil visualização [Tibell & Rundgren 2010, Huang 2000].

Algumas iniciativas de treinamento em bioinformática tem feito esforços significativos para mimetizar/imitar as condições do mundo real pela incorporação de tecnologias, técnicas e amostras/dados reais usadas na indústria e pesquisa científica [Attwood *et al.* 2019, Brown 2016, Davies *et al.* 2019]. Estas novas abordagens pedagógicas visam ajudar o estudante a aplicar elementos-chaves do processo científico por meio de práticas de aplicação no mundo real, compreendendo como encontrar a informação, gerar novos dados e avaliar e interpretar a utilidade dos resultados e pacotes de *softwares* [Attwood *et al.* 2019, Brown 2016, Emery & Morgan 2017, Shome *et al.* 2019]. Espera-se que essas filosofias pedagógicas e estratégias educacionais atuais, preparem os estudantes de graduação para estarem mais familiarizados e confortáveis com condições e tecnologias do mundo real, formando profissionais mais experientes e, em última análise, mais empregáveis. Espera-se que o treinamento destes profissionais também resulte no desenvolvimento de habilidades gerais, tais como comunicação oral e escrita, redação de relatórios estruturados e capacidade de trabalhar em equipe e resolver problemas [Brown 2016].

O objetivo do presente estudo foi avaliar de forma empírica a eficiência e a percepção/experiência do estudante quanto ao uso da abordagem pedagógica colaborativa suportada por computador, a qual foi concebida pelos professores do curso de extensão “*Bioinformática aplicada à identificação de variações no código genético associada a doenças*”. Desta forma, nosso estudo foi organizado da seguinte maneira. Na Seção 2 apresentamos o estado da arte sobre PBL no ensino-aprendizagem de bioinformática clínica. Na Seção 3 apresentamos o método utilizado no estudo. Na Seção 4 analisamos os dados. Na Seção 5 discutimos os resultados.

1.1 Objetivos específicos

- Conceber uma abordagem pedagógica colaborativa baseada em investigação e suportada por ferramentas populares de comunicação e co-autoria (WhatsApp® e Google Docs®).
- Analisar, empiricamente, a eficiência da mesma.

- Realizar uma primeira avaliação acerca da experiência e a percepção dos estudantes quanto ao uso desta abordagem pedagógica colaborativa suportada por computador no ensino-aprendizagem de bioinformática clínica.
- Verificar se a abordagem pedagógica colaborativa suportada por computador tem algum impacto positivo na colaboração, engajamento e presença social.

2. PBL no ensino-aprendizagem de bioinformática clínica

O PBL (do Inglês: *Problem Based Learning*) é uma poderosa metodologia de ensino que promove aprendizado colaborativo e investigativo, que tem sido adotada em vários contextos educacionais e situações de treinamento [Grant 2011, Zakaria, *et al.* 2019]. Mais recentemente, abordagens baseadas em investigação, como o PBL, tem sido implementadas e avaliadas no contexto de ensino de bioinformática, mostrando-se efetiva tanto em treinamentos curtos como em programas de graduação e mestrado profissionalizante [Attwood *et al.* 2019, Brown 2016, Davies *et al.* 2019, Emery & Morgan 2017].

O conceito do método pedagógico da PBL é o resultado da combinação de várias teorias de aprendizado que focam no construtivismo e aprendizado social como as teorias de Piaget, Vygotsky, Lave & Wenger e teorias que focam no aprendizado baseado em experiência e processo de reflexão, tais como as teorias de Kolb e Schon [Zakaria *et al.* 2019]. Esta abordagem de aprendizagem, centrado no estudante e baseada em questões ou problemas da vida real, é amplamente conhecida pela sua capacidade de fornecer oportunidades para o desenvolvimento de habilidades de resolver problemas, habilidades de comunicação, pensamento crítico, atitude de aprendizagem ao longo da vida e também motivar os alunos a aprender [*Ibid.*].

A bioinformática é considerada uma nova profissão para a saúde, e desta forma o treinamento e a progressão do aprendizado podem ser prejudicados pela falta de exposição a colegas mais experientes [Davies *et al.* 2019]. Por esta razão, as redes de comunidades de prática tem se mostrado essenciais no desenvolvimento de bioinformatas clínicos. Estas redes de comunidades de prática ajudam a lidar com a percepção de isolamento e permitir o compartilhamento de conhecimentos e experiências, além de auxiliar na produção de novas diretrizes e políticas que estão ajudando a profissionalizar esse novo grupo de cientistas da saúde [*Ibid.*]. Interessantemente, Davies *et al.* (*up cit.*) mostraram que grupos de PBL usando estudos de casos clínicos reais podem contribuir para a formação de comunidades de prática entre os alunos. Várias iniciativas de formação de comunidade têm sido desenvolvidas, incluindo plataformas responsivas a comunidade e auto-sustentáveis que otimizam a riqueza de recursos de bioinformática para acelerar a colaboração multidisciplinar e impulsionar a inovação na pesquisa biomédica pós-genômica [Kanterakis 2018]. Por outro lado, no Brasil, estas estratégias ou abordagens de aprendizado baseado em problemas (PBL) e formação de comunidades de aprendizado tem sido ainda pouco explorados.

Vale ressaltar que, em contraste à educação tradicional, a educação contemporânea está se tornando um processo contínuo de aprendizagem que ocorre a qualquer hora e em qualquer lugar. Nos últimos anos, as mídias sociais difundiram-se extensamente na sociedade se tornando parte integrante da vida humana e influenciando

a educação e as profissões médicas [Akulwar 2019, Bicen *et al.* 2014, Cheston *et al.* 2013, Grover *et al.* 2020, Jahan *et al.* 2019, Raiman *et al.* 2017, Wang *et al.* 2012]. As aplicações de mensagens instantâneas, por exemplo, têm se tornado extremamente populares entre professores, alunos e profissionais da área da saúde do mundo todo, assim, oferecendo inúmeras oportunidades de aprendizagem fora da sala de aula, ajudando a estabelecer parcerias e colaborações sociais e melhorando a construção e o compartilhamento do conhecimento [Akulwar 2019, Bicen *et al.* 2014, Cheston *et al.* 2013, Grover *et al.* 2020, Jahan *et al.* 2019, Raiman *et al.* 2017, Wang *et al.* 2012]. Interessantemente, outros estudos também mostram que a integração de mídias sociais no PBL facilita uso de problemas ou situações do mundo real como um contexto de aprendizagem [Awan *et al.* 2020, Grant 2011, Murumba & Micheni 2017, Robinson *et al.* 2015, Raisolsadat *et al.* 2020].

Hoje, a comunidade de pesquisadores tem utilizado as plataformas de mídia social e recursos web, para expandir sua presença e promover o conhecimento científico por meio destes novos canais de comunicação e *networking*. Interessantemente, na área de educação em bioinformática a construção de uma rede global de comunidades de biólogos computacionais, a partir da conexão de comunidades locais emergentes em cada região geográfica, tem permitido a disseminação sobre a educação em bioinformática e organização de atividades de acordo com às necessidades de cada comunidade, incluindo *workshops*, simpósios, *hackathons*, competições *online*, seminários virtuais, e muitos outros [Shome *et al.* 2019]. Em um futuro próximo e dentro de um programa de expansão para novas regiões, as comunidades de biólogos computacionais visam promover colaboração, espírito científico e o entusiasmo da pesquisa na área de biologia computacional [*Ibid.*].

No Brasil, apesar da grande maioria dos estudantes de graduação e pos-graduação possuírem seu próprio *smartphone* e acesso a internet, uso de mídias sociais para apoiar as abordagens de aprendizagem investigativa e colaborativa tem sido ainda pouco explorados e investigado no ensino de bioinformática clínica. Somado a isto, temos que os ambientes de treinamento e as redes de comunidades de prática de bioinformática são ainda incipientes no Brasil. Assim, a ajuda do presente artigo foi compartilhar nossa experiência com relação a implementação de uma intervenção pedagógica que utiliza mídias sociais e ferramentas de co-autoria populares (WhatsApp® e Google Docs®) para promover, engajamento, presença social e colaboração em atividades PBL no contexto de bioinformática clínica. Além disso, o presente estudo também relata a percepção/opinião dos estudantes quanto ao uso desta iniciativa.

3. Métodos

O estudo foi organizado em 4 etapas principais, que incluem: 1) planejamento; 2) instrumentação; 3) formulação de hipóteses e 4) projeto experimental.

3.1 Planejamento

Nesta etapa descrevemos os aspectos considerados para o planejamento da atividade colaborativa os quais incluíram: 1) perfil dos estudantes envolvidos, 2) os objetivos de aprendizagem individuais e coletivos, 3) o contexto educacional em que a atividade foi aplicada, 3) a composição dos grupos de trabalho e, 4) as teorias de aprendizagem e estratégias pedagógicas usadas para a concepção de presente atividade colaborativa.

3.1.1 Participantes

A enquete realizada com estudantes do curso de “*Bioinformática aplicada à identificação de variações do código genético associada a doenças*” (turma 2017, 2018, 2019, 2020), mostrou que a maioria dos estudantes matriculados no curso são do sexo feminino (64,3%) e têm idade entre 25-48 anos. A grande maioria dos estudantes (93%) é da área da saúde (5 Biomedicina, 3 Ciências Biológicas, 3 Odontologia, 1 Farmácia, 1 medicina, 1 Analista de sistemas). Cerca de 50% dos alunos declararam que já tinham alguma experiência/conhecimento prévio na área de genética médica, mas a maioria declarou não ter experiência/conhecimento prévio com bancos de dados e ferramentas de bioinformática. Interessantemente, esta enquete preliminar também mostrou que, apesar da boa aceitação do uso da tecnologia e da percepção da importância e dos benefícios do trabalho em grupo no processo de aprendizagem, a grande maioria dos estudantes entrevistados ainda prefere ou considera mais eficiente aprender em atividades presenciais e individuais. Assim, esta enquete preliminar enfatizou a importância e a necessidade de engajar os estudantes em atividades colaborativas, bem como entender o potencial das tecnologias digitais neste engajamento.

3.1.2. Definição dos objetivo de aprendizagem individuais e do grupo

Os objetivos de aprendizagem individuais incluíram: a compreensão da terminologia usada na área de genética molecular e bioinformática, a identificação de pacotes de *softwares* de bioinformática e a capacidade de interpretar os resultados e discriminá-los entre resultados reais e artefatos computacionais. O conhecimento de processo do estudante foi avaliado pela sua capacidade em analisar bancos de dados e construir um plano de pesquisa diagnóstica coerente, justificar a escolha de ferramentas, usar banco de dados científicos para gerar dados, operar as ferramentas de bioinformática para produzir resultados úteis, verificar o resultado usando mais de uma ferramenta de bioinformática ou base de dados (quando disponível), organizar os resultados dentro de um relato científico claro e coerente, resumindo seus achados. Os objetivos de aprendizagem coletivos incluíram a melhora na motivação e engajamento, aprendizado autodirigido, raciocínio científico, desenvolvimento de habilidades de trabalhar em equipes e resolver problemas de diagnóstico molecular com autonomia e pensamento crítico.

3.1.3. Contexto educacional

A atividade colaborativa e baseada em investigação, realizada no período de 28/07/2020 a 18/08/2020, foi proposta no final do curso de “*Bioinformática aplicada à identificação de variações no código genético associada a doenças*” [curso oferecido

pela Extcamp]. Nesta fase, o estudante já teve acesso a conteúdos específicos e, agora, necessita usar o conhecimento adquirido para obter informações, analisar, interpretar, refletir, debater e comunicar uma possível solução para um problema médico de diagnóstico molecular de doenças genéticas. No decorrer de 4 meses de curso, os estudantes se familiarizaram com diversos bancos de dados e ferramentas de bioinformática por meio da realização de tutoriais, cujo conhecimento e aplicação foram demandados na presente atividade colaborativa.

3.1.4. Formação dos grupos de trabalho

A formação dos grupos de trabalho se deu pela divisão, aleatória, de 12 estudantes em 4 grupos de 3 indivíduos, sem distinção de papéis. Os grupos foram formados por indivíduos com diferentes níveis de conhecimento e habilidades. Entre os participantes haviam estudantes de pós-graduação, profissionais da área da saúde (e áreas correlatas) e/ou profissionais de ciência da computação com interesse em bioinformática aplicada à genética médica, devidamente matriculados no curso. Segundo Brown (2016), a formação aleatória de grupos de aprendizagem simula o meio multidisciplinar encontrado em laboratórios de pesquisa e empresas de biotecnologias do mundo real, ou seja, mimetiza as condições de trabalho do mundo real, facilitando a construção de habilidades e aprendendo a interagir com pessoas com diferentes personalidades para completar uma dada tarefa [*Ibid.*].

3.1.5. Teorias de aprendizagem colaborativa e *script* de colaboração

A presente abordagem pedagógica consistiu na concepção e avaliação empírica de uma atividade colaborativa integrada ao uso de tecnologias populares de comunicação e co-autoria (WhatsApp® e Google Docs®) e, voltada para estudantes do curso de extensão *online* “Bioinformática aplicada à identificação de variações no código genético associado a doenças”, turma de 2020. A presente atividade colaborativa se baseou na estratégia pedagógica de PBL e foi estruturado se baseando em *scripts* de colaboração com suporte computacional [Kobbe 2005, Kobbe *et al.* 2007] e no módulo de prática de bioinformática proposto por Brown (2016), que envolve a incorporação e uso prático de grupos de *softwares* e banco de dados atuais, relevantes e amplamente usados, para gerar novos dados [Brown 2016].

3.2. Instrumentação

Nesta etapa, descrevemos os recursos educacionais e artefatos tecnológicos usados para conceber a atividade colaborativa, além de detalhar o cenário de aprendizagem colaborativa.

3.2.1. Recursos educacionais e tecnologias usadas para apoiar a interação dos estudantes

A presente abordagem pedagógica colaborativa combina artefatos tecnológicos, como o Google Docs® e o WhatsApp®, e um *design* instrucional baseado em investigação (PBL), para criar um espaço de trabalho compartilhado e virtual de suporte à colaboração que estimule o protagonismo e o engajamento do estudante. Além disso, o espaço de trabalho virtual fornece um ambiente de aprendizado baseado em problemas

médicos, desenvolvido por especialistas clínicos e moleculares (professores do curso), que fornece aos estudantes a oportunidade de aprender com casos da vida real. O relato médico eletrônico, baseados em casos reais e literatura científica, foram estruturados para fins didáticos, pelos professores do curso de extensão. A atividade colaborativa e o espaço de trabalho criado (Grupo de WhatsApp® e Google Docs®) para dar suporte a esta atividade, foram estruturados conforme ilustrado na Figura 3.1 e 3.2.

A atividade colaborativa proposta consistiu na resolução de um problema de diagnóstico molecular usando as informações clínicas e moleculares fornecidas na apresentação do caso, banco de dados biológicos e ferramentas de bioinformática. Para cada um dos 4 grupos de estudante foi criado um espaço de trabalho virtual que consistia em um conjunto de documentos e pastas de acesso compartilhado no Google Docs® e, um canal de comunicação mais dinâmico e informal (um grupo específico de WhatsApp®). Esses ambientes virtuais de aprendizagem, antes e durante a aprendizagem colaborativa, são apresentados na Figura 3.1.

Conforme mostrado na Figura 3.2, primeiramente, os estudantes receberam orientações específicas sobre a atividade e sobre as ações no grupo. Em seguida, o grupo foi orientado a ler a descrição do caso, o qual continha informações clínicas do paciente (fenótipo) e 3 diferentes resultados de sequenciamento. Cada um dos estudantes do grupo ficou responsável por investigar (pesquisar, analisar, interpretar, inferir) um dos resultados do sequenciamento. Em seguida, os estudantes foram orientados a seguir um fluxo de resolução de caso, disponível no espaço de trabalho compartilhado (Google Docs®). Este fluxo de resolução de caso, elaborado com o objetivo de guiar a investigação e coleta de evidência dentro de um caminho racional, consistia em 10 etapas. Cada etapa continha três documentos, cada um destinado a um integrante do grupo, com espaço para os estudantes detalharem seus resultados individuais com base em diferentes resultados do sequenciamento.

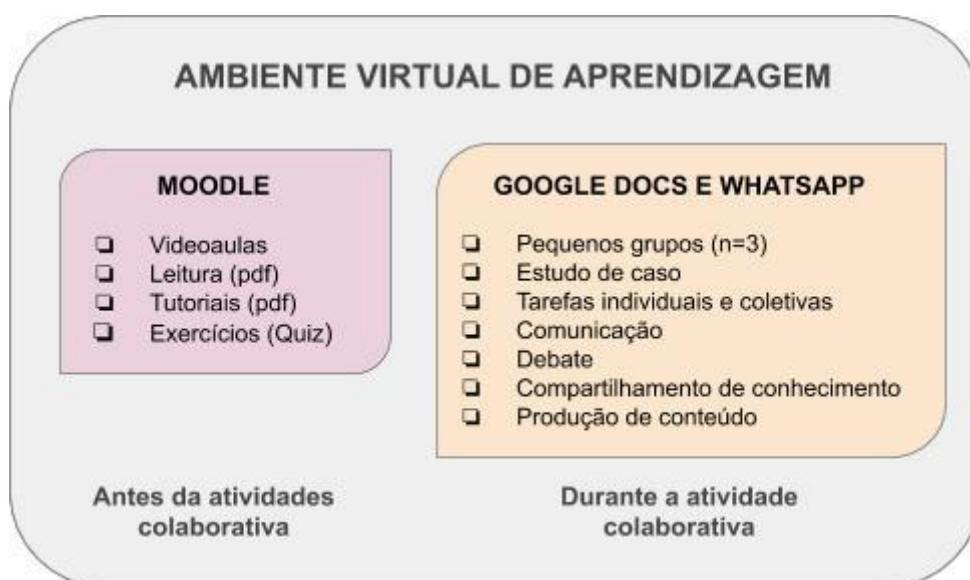


Figura 3.1 - Espaços de aprendizagem de bioinformática antes e durante a atividade colaborativa de PBL.

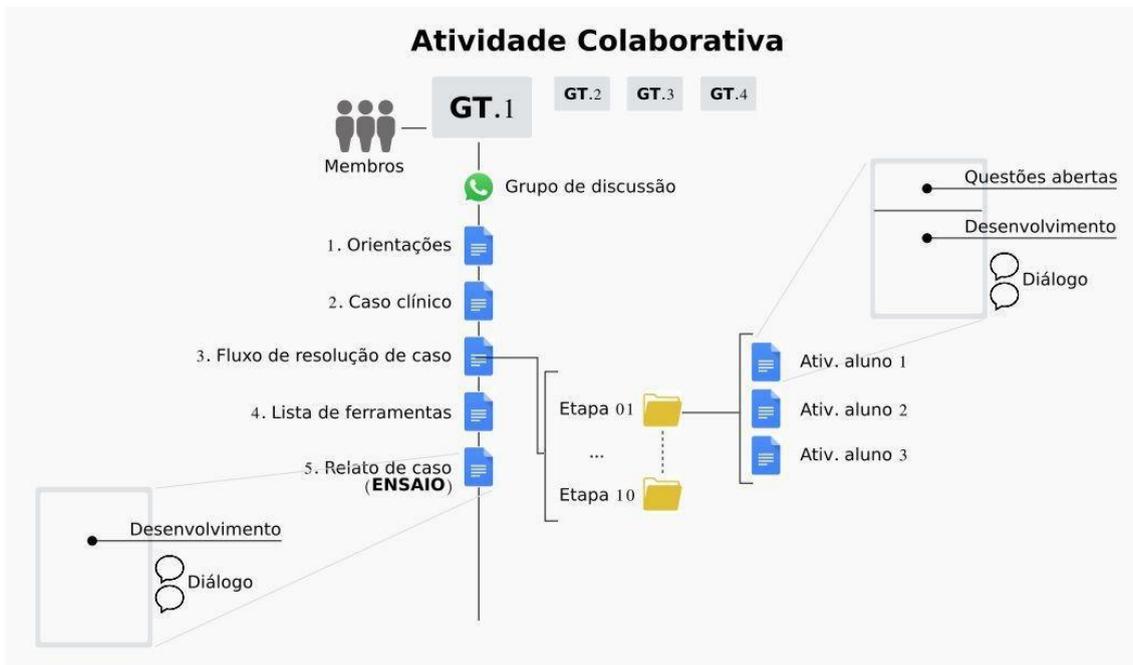


Figura 3.2 - Visão geral e organização dos espaços de trabalho compartilhados (WhatsApp e Google Docs).

Para a produção destes relatos, os estudantes foram orientados a inserir imagens representativas dos dados obtidos (*download* ou capturas de tela) com uma breve descrição de cada passo ou processo realizado informando a base de dados ou ferramentas utilizadas, fontes *online* e referências científicas relacionadas. Estes documentos continham questões abertas a serem respondidas pelos estudantes alinhadas aos objetivos de aprendizagem estabelecidos para cada etapa. Assim, usando este fluxo estruturado no Google Docs®, os estudantes poderiam facilmente compartilhar seus achados, além de comentar, sugerir e opinar sobre os achados dos demais membros do grupo. Além disso, para facilitar a investigação, um documento contendo uma série de *links* para as ferramentas de bioinformática e de banco de dados biológicos foi disponibilizado no espaço de trabalho do Google Docs®.

Ao final das 10 etapas de investigação, foi solicitado aos estudantes que eles elaborassem, colaborativamente, um relato de caso (*ensaio*). Neste relato, eles deveriam indicar quais alterações eram potencialmente patogênicas e poderiam produzir o fenótipo clínico (doença) descrito na atividade (resolução do caso), justificando a escolha do grupo, a partir dos dados obtidos nas análises de bioinformática. Desta forma, este relato/ensaio, visava estimular o debate, confrontamento e reflexão acerca dos resultados obtidos e metodologia utilizada por cada estudante e pelo grupo.

Os estudantes foram encorajados a ajudar uns aos outros e compartilhar seus processos e descobertas por meio dos grupos de WhatsApp® e Google Docs® criados para esta finalidade. As interações dos integrantes do grupo nos espaços de trabalho compartilhado (Google Docs® e WhatsApp®), foram acompanhadas por um tutor (professor responsável), que interferiu apenas quando necessário. Posteriormente, os

relatos individuais e coletivos produzidos pelos estudantes (contendo os dados gerados, as fontes utilizadas para geração dos dados e a interpretação dos estudantes) foram avaliados pelos professores do curso considerando os objetivos de aprendizagem previamente definidos na Seção 3.1.1.

3.3. Formulação de hipóteses

Esta experiência de prática de ensino foi inspirada pelas seguintes questões: 1) Qual a experiência e percepção do estudante com relação a presente intervenção pedagógica? 2) O uso de ferramentas de comunicação e de co-autoria populares (WhatsApps® e Google Docs®, respectivamente), integradas a atividades de PBL podem aumentar a presença social, estimulando a colaboração, o engajamento, e melhorando a experiência de aprendizado do estudante?

As hipóteses de estudo foram:

H0: Segundo a percepção e experiência do estudante, a abordagem pedagógica colaborativa com suporte computacional, NÃO interfere na presença social, engajamento e colaboração.

H1: Segundo a percepção e experiência do estudante, a abordagem pedagógica colaborativa com suporte computacional, promovem um aumento na presença social, engajamento e colaboração.

3.4. Projeto experimental

Para coleta de dados nos utilizamos uma pesquisa qualitativa descritiva usando a técnica denominada “observação participante”. Segundo Queiroz *et al.* (2007), um aspecto positivo desta técnica de coleta de dados é a possibilidade de obter a informação no momento em que ocorre o fato, na presença do observador científico, bem como a possibilidade de estudar diretamente uma ampla variedade de fenômenos comportamentais mediante observação [*Ibid.*]. A aquisição de conhecimento específico de domínio e de processo (aplicação), a cerca dos conteúdos trabalhados nas atividades (biologia molecular, genética médica e bioinformática) foram avaliados, por meio de análise qualitativa dos conteúdos individuais e coletivos, produzidos no Google Docs®, enquanto que os aspectos comportamentais mais subjetivos, como engajamento e colaboração, foram “capturados” por meio do acompanhamento das interações dos estudantes nos espaços virtuais (WhatsApp®). A observação participante das interações no Google Docs® e WhatsApps® também contribui para a validação dos relatos dos sujeitos (enquete), pois, em muitos casos, há pouco alinhamento entre o relato do participante e o seu comportamento. Adicionalmente, enquetes foram realizadas antes e depois da atividade colaborativa, com o objetivo de compreender o perfil do estudante e capturar sua percepção (aceitação, usabilidade e experiência de aprendizado) com relação à presente abordagem pedagógica colaborativa apoiada por ferramentas populares de comunicação e coautoria (WhatsApp® e Google Docs®).

4. Resultados

4.1. Interações dos estudantes nos espaços de trabalho virtuais

A atividade colaborativa proposta teve início no dia 28/07/2020 e término do dia 18/08/2020. Durante este período de 3 semanas, 4 grupos de estudantes realizaram as atividades no Google Docs® e se comunicaram, ativamente, por meio do grupo de WhatsApps®. A análise das interações dos estudantes no WhatsApps® e no Google Docs® forneceram indícios que sugerem um potencial desta atividade para promover engajamento e interesse por parte dos estudantes (Tabela 4.1 e 4.2). Os alunos demonstraram engajamento na resolução dos problemas e no trabalho colaborativo, compartilhando conhecimento de processo e domínio, dúvidas e soluções, discutindo os resultados e expressando sentimentos e sensações que indicam seu envolvimento com a atividade, sua gratidão pelos colegas e o desenvolvimento de *insights*, como ilustrado nos diálogos do WhatsApps® (Tabela 4.1 e 4.2).

Enquanto os grupos 1, 2 e 4 colaboraram na realização de cada uma das etapas, se ajudando mutuamente, durante todo o processo de resolução do problema (Tabela 4.2), a análise dos diálogos do WhatsApps®, mostrou que o grupo 3, trabalhou individualmente na execução das etapas, deixando o debate/discussão mais intenso apenas para etapa final, onde o esforço conjunto era exigido, para se chegar a um consenso sobre o diagnóstico molecular e para a elaboração colaborativa de um relato de caso. Interessantemente, os três grupos que cooperaram em todas as etapas apresentaram relatos de caso individuais e coletivos mais consistentes e coesos com a atividade proposta. Por outro lado, o grupo 3, que aparentemente trabalhou individualmente na execução das etapas, apresentou resultados que fugiram do tema proposto em algumas das etapas. Assim, os grupos que colaboraram em todas as etapas do processo demonstraram um maior conhecimento específico de domínio e processo em seus relatos individuais.

Para incentivar a colaboração e promover uma melhora da aquisição de conhecimento, um documento contendo os objetivos de aprendizagem de cada uma das etapas, foi disponibilizado ao grupo 3, ao final da segunda semana, e foi solicitado a reavaliação de seus resultados, a fim de verificar se suas respostas eram condizentes com os objetivos de aprendizagem que se pretendia alcançar.

Na presente intervenção pedagógica, os alunos utilizaram o Google Docs® para realizar seus relatos, além de visualizar os relatos e procedimentos realizados pelos colegas, de modo a confrontá-los com seus achados (como mencionado em diálogos do WhatsApps®). Por outro lado, funcionalidades do Google Docs®, tais como a ferramenta comentário, seja para propor sugestões ou debater sobre o conteúdo produzido pelos colegas, foram muito pouco utilizadas. Os estudantes demonstraram maior interesse pela comunicação e debate por meio de mensagens no WhatsApps®.

Tabela 4.1. Presença social. Indicadores de AFETIVIDADE.

Indicadores (Definição)	Exemplos:
<p>Expressões de emoção (Inclui expressões convencionais ou não convencionais de emoção, expressões que indicam que o aluno está motivado ou satisfeito e expressões que demonstram que o estudante está se sentindo frustrado, confuso ou insatisfeito.)</p>	<p>Diálogo_ Estudante1: <i>“Este fim de semana vou rever o curso para iniciarmos o trabalho. Peço a paciência de vocês pois não sou da área de biologia. hehehe (emoticons)”</i> Estudante 2: <i>“Tb vou rever tudo. Fica tranquilo, vamos conseguir (emoticons).”</i></p> <p>Diálogo_ Estudante 1: <i>“E gostoso fazer, né?”</i> Estudante 2: <i>“Sim”</i> <i>“Eu estava postergando pra amanhã porque pensei que ia ser pesado, mas foi bem legal e tranquilo.”</i> Estudante 1: <i>“Também gostei”.</i></p> <p>Diálogo_ Estudante 2: <i>“Estou me sentindo até um pouco tolo porque agora o exercício todo fez total sentido para mim (emoticons).”</i> Estudante 3: <i>“Nossa eu fiquei perdida e você me ajudou muito! Valeu acho que vocês decifraram o problema.”</i></p> <p>Diálogo_ Estudante 1: <i>“Adorei conhecer vocês. Vamos manter contato.”;</i> estudante 2: <i>“Com certeza !!”</i> Estudante 3: <i>“Vamos sim. Adorei conhecer vocês também”.</i></p> <p><i>“Estou meio perdida neste”</i></p> <p><i>“Altas discussões”</i></p> <p><i>“Obrigado a vocês dois, aprendi muito com este trabalho.”</i></p> <p><i>“Consegui!! Obrigada!”</i></p> <p><i>“Estou tentando avançar pra gente ir se ajudando.”</i></p> <p><i>“No site PBD também não obtive sucesso em encontrar o template de humanos...não sei se estou realizando a pesquisa corretamente.”</i></p>
<p>Auto-revelação (Apresenta detalhes da vida fora das aulas ou expressa vulnerabilidade)</p>	<p><i>“Desculpe a demora, professora. Foi tudo caótico nesses últimos meses”;</i></p> <p><i>“Uma pergunta pessoal, sua família e de qual região?”</i></p> <p><i>“Demorei um pouco para alinhar minhas atividades pois estava sem notebook, mas hoje terminarei o que falta, e estarei à disposição para finalizar a etapa.”;</i></p> <p><i>“Perdão mandar mensagem no domingo. Essa semana foi longa. Estou aqui tentando fazer a minha parte. Estou na parte 6 se der certo tento terminar hoje mais trade”.</i></p> <p><i>“Acabei dormindo demais e não acordei a tempo de conseguir conversar com vocês, me perdoem se eu fugir das minhas atribuições, vou enviar para vocês por e-mail assim que eu concluir”.</i></p> <p><i>“Rapazes, estou de plantão hoje pois um funcionário foi afastado por COVID, mas amanhã podemos discutir pela manhã? Ou à tarde? O que preferem? “</i></p> <p><i>“Estou no trabalho, mas assim que chegar em casa posso ajudar”.</i></p> <p><i>“Me perdoe. Estou terminando uma revisão de um artigo e tive que parar com a atividade. Prometo que assim que retomar, vou ver isso.”</i></p>

Tabela 4.2. Presença social. Indicadores de INTERATIVIDADE.

Indicadores (Definição)	Exemplos:
<p>Continuando um tópico (Usando o recurso de resposta do software, em vez do que começar um novo tópico)</p> <p>Citando outras mensagens (Usando recursos de software para citar outra mensagem inteira ou recortando e colando seleções de mensagens de outros)</p>	<p>Dialogo_ Estudante 1: “<i>Fiz o download do arquivo FASTA. A substituição em faço na posição 454? Porque eu fiz isso, mas quando fui analisar no Graphics não há relato para esta mutação.</i>”; “<i>A alteração eu faço no FASTA mesmo, certo? Nesta posição...</i>”, “<i>Você poderia compartilhar os primeiros passos que você realizou? Porque acho que eu não estou conseguindo fazer as alterações. Eu faço as alterações do nucleotídeo na posição que está pedindo e não consigo progredir. Por exemplo, você está fazendo a alteração no FASTA?</i>”</p> <p>Dialogo_ Estudante 1: “<i>Professora, uma dúvida. Para ver o grau de conservação entre espécies, eu posso escolher pelo BLAST? Outra forma seria pelo NCBI através da opção Orthologs? Então, escolheria 6 espécies para comparar jogando no Clustal?</i>” Estudante 2: “<i>Eu usei o NCBI, peguei 6 exemplos de espécies que têm o gene ALPL, montei um arquivo FASTA com as sequências de proteínas destas espécies, e usei o Clustal Omega</i>” Estudante 3: “<i>Lá no NCBI ele te dá as espécies e você consegue comparar pelo Clustal e também pelo WebLogo.</i>”</p> <p>Dialogo_ Estudante 1: “<i>Por falar nisso, onde encontro a sequência canônica da proteína?</i>” Estudante 2: “<i>Acredito que tu encontre no Uniprot.</i>”</p> <p>Dialogo_ Estudante1: “<i>Vocês procuraram as suas mutações no ClinVar?</i>” Estudante 2: “<i>Sim, a minha mutação não identifiquei registro o que não aconteceu com as outras duas.</i>” Estudante 3: “<i>Também, mas vou procurar em outras fontes, para comparar os resultados</i>”.</p> <p>Dialogo_ Estudante1: “<i>Pessoal acabei de ver que a maneira correta de visualizar o grau de conservação entre as espécies e usando o Clustal Omega, porém para isso precisamos das sequências da proteína de seis diferentes espécies e depois utilizar a ferramenta ... é isso mesmo pessoal?</i>” <i>E para visualizar o grau de conservação entre membros da mesma família também precisamos fazer o mesmo processo?</i></p> <p>Dialogo_ Estudante1: “<i>Tô com dúvida em como verificar se a alteração genética tá dentro de um domínio importante.</i>”; Estudante 2: “<i>Também tive esta dúvida. Eu tentei comparar a posição do aminoácido alterado com o intervalo onde o domínio da fosfatase alcalina está localizado, ver se ele se encontra dentro do domínio conservado e se a mudança provoca algum tipo de modificação na proteína.</i>” Estudante 3: “<i>Como você encontrou a posição do aminoácido alterado?</i>”</p>
<p>Referindo-se expressamente a outras mensagens (Referências diretas a conteúdos de postagens de outras pessoas.)</p>	<p>“<i>Então, no 1 eu joguei a alteração nos bancos de dados. Por exemplo, no Clinvar e dbSNP tem informações sobre variantes. E no eletroferograma do exercício você pode ver se está em hétero ou homozigose. No exercício 3 busquei pole CDS.</i>”</p> <p>“<i>Oi [NOME], uma variante patogênica e identificada como provocam a perda de função da proteína e variantes raras ou ausentes nos bancos de dados populacionais, variantes que segregam com a doença em uma família, como sua variante e uma nonsense e não me lembro se gera um stop codon (emoticons), entendo como patogênica, pois ela origina hipofosfatasia adulta, entendi desta forma.</i>”</p>
<p>Fazendo perguntas</p>	<p>“<i>Vcs começaram a fazer algo? Estou com uma dúvida no exercício 6,</i></p>

<p>(Alunos fazem perguntas a outros alunos ou ao tutor.)</p>	<p><i>alguém tentou?</i></p> <p><i>” Professora, estou com dificuldade no exercício 6, para verificar se a alteração está dentro de um domínio ou motivo importante. “,” Preciso ver no BLAST, certo?”, “Mas precisa comparar com Expasy?”, “Estou meio perdida nesse.”</i></p> <p><i>“Desculpa, gostaria de tirar uma dúvida na questão 10. Como vocês chegaram ao valor de patogenicidade da mutação? Encontrei referências sobre o assunto mas não sei como dizer se e ou não patogênica.”</i></p> <p>Diálogo_ Estudante 1: <i>“Professora estamos com dificuldade na etapa 9, teria como dar uma dica? Estudante 2: Sim, não sei que ferramenta usar porque o Swiss-Model prediz estrutura, mas não estou achando como ver funcionalidade”</i></p> <p>Diálogo_ Estudante 1: <i>Vocês usaram o WebLogo também?”, “Ou só o Clustal?”; Estudante 2: Eu usei apenas o Clustal.” Estudante 1: “Vou pro 8 agora, imagino que a ferramenta seja o VEP porque na etapa 6 eu usei este e já tinha uma coluna de patogenicidade.” Estudante 3: “Usei o weblogo também.” “No 8 eu não sei qual sequencia usar no VEP?”</i></p> <p><i>“Não consegui realizar a classificação da mutação ser ou não patogênica (questão 10). Tentei pelo site do Cosmic e não consegui. Vc poderia me ajudar?”</i></p> <p><i>“Meninas estou com duvida na atividade 6 ... depois se puderem me ajudar”</i></p> <p>Diálogo_ Estudante 1: <i>“Estou com duvida na resolução da quarta questão.” Estudante 2: “Oii!! Qual a sua duvida?” Estudante 3: “Se puder me ajudar, também queria... hehehe”</i></p>
<p>Cumprimentando e expressando apreciação</p> <p>(Elogiando outros ou o conteúdo da mensagem de outros.)</p>	<p><i>“Muito obrigada por compartilhar”</i></p> <p><i>“ Joia! Valeuuu (emoticon)”</i></p> <p>Diálogo_ Estudante 1: <i>“Valeu pela ajuda de vocês, não conseguiria sozinha” Estudante 3: “Eu agradeço muito também gente! Valeu mesmo pela ajuda.” Estudante 2: “Foi ótimo gente, obrigada pela ajuda tbm.”</i></p> <p><i>“Obrigada pelo trabalho, sucesso a todos!”</i></p> <p><i>“Achei que o resumo ficou muito bom. ”</i></p> <p><i>“Ahh sim! Nossa eu fiquei mil anos olhando para esta pagina e não percebi! Obrigada hahaha.”</i></p>
<p>Expressando concordância</p> <p>(Concordando com outros estudantes ou com o conteúdo de outras mensagens)</p>	<p>Diálogo_ Estudante 1: <i>“Agora entendi. Precisava ver qual era a posição do aminoácido para então verificar se ele estava dentro do domínio.”;</i></p> <p>Estudante 2: <i>“Acho que é isso mesmo, foi isso que eu fiz.”</i></p> <p>Diálogo_ Estudante 1: <i>“Obrigada tive a mesma forma de pensamento que você” Estudante 2: Boa tarde, concordo com vocês e vou adicionar apenas uma terapia inovadora que penso ser relevante ao trabalho proposto.”</i></p> <p><i>“Gostei muito da conclusão final do trabalho, não vi necessidade de qualquer. Estou de acordo com o envio do trabalho</i></p> <p><i>“Pelo que eu vi, concordo com você!”</i></p>

A formação de pequenos grupos de trabalho em torno de um propósito compartilhado de aprendizagem promoveu o engajamento dos estudantes e estimulou a colaboração. Em nossa experiência prévia no ensino de bioinformática clínica, nós temos observado que muitos estudantes podem enfrentar dificuldades na aquisição/retenção do conhecimento devido a natureza complexa e abstrata dos conteúdos e processos de bioinformática. Este desequilíbrio entre habilidade e desafio que, frequentemente resulta em perda de interesse (motivação/engajamento), sentimento de incapacidade para superar os desafios (autoeficácia) e até desistência. Por outro lado, na presente intervenção pedagógica, a percepção do estudante quanto ao seu papel e responsabilidade dentro de uma equipe, motivou uma participação mais contínua e ativa por parte dos estudantes. Além de fornecer um *feedback* imediato ao estudante quanto ao seu desempenho, a proposta de comparação e debate de resultados, etapa a etapa, contribuiu para a percepção do estudante quanto ao fato de que ele não está sozinho em suas dificuldades e pode contar com a ajuda dos demais para prosseguir. Durante todo o processo, os estudantes enviaram mensagens convidativas, além de dúvidas que estimularam os demais a realizar o mesmo exercício, para cooperar e debater resultados (Tabela 4.1 e 4.2). Além disso, a estratégia de formar pequenos grupos de WhatsApps® no PBL, promoveu uma comunicação mais dinâmica e efetiva, diminuindo as distâncias transacionais entre os estudantes e, também, entre o tutor e o aluno. A troca de mensagens instantâneas contribuiu para um maior engajamento do estudante e possibilitou uma maior compreensão do tutor sobre o conhecimento do estudante (o que o aluno sabe) e a dinâmica do grupo (comportamento dos estudantes no grupo), possibilitando uma intervenção mais personalizada por parte do tutor.

O ambiente mais impessoal do WhatsApps® possibilitou, também, que os estudantes dialogassem com mais liberdade, expressando emoções como gratidão, satisfação e contentamento pela conclusão de uma tarefa ou pela aquisição de conhecimento novo, frustração diante de dificuldades de aprendizagem (Tabela 4.1).

Na presente iniciativa, a avaliação dos relatos dos estudantes no Google Docs® demonstrou que o seu desempenho, quanto a capacidade de interpretar resultados e fazer inferências, foi bastante diversificado entre os grupos e intra grupo. Em outras palavras, a análise dos relatos sugere que os estudantes têm diferentes níveis de conhecimento, habilidades e competências, no que se refere a processos e conteúdos de bioinformática clínica. Isto poderia ser explicado pelo fato dos estudantes apresentarem diferentes formações e nível de conhecimento na temática central do curso, como evidenciado na primeira enquête.

4.2. Percepção do estudante com relação a intervenção pedagógica no ensino bioinformática clínica.

Na percepção do estudante, a presente abordagem pedagógica resultou em uma experiência positiva. Todos os estudantes que responderam a enquête concordam que a presente atividade colaborativa pode ajudar: 1) na aquisição de conhecimento e compreensão de bioinformática e genética molecular, 2) no estabelecimento de uma inter-relação dos conteúdos e aplicação das ferramentas de bioinformática, 3) na compreensão do processos-etapas necessárias para resolução de problemas de diagnóstico molecular usando ferramentas de bioinformática (conhecimento de

processo) e, 4) no desenvolvimento de habilidades para trabalhar em equipe. A maioria dos estudantes declarou que a abordagem utilizada aumentou o seu interesse e engajamento para trabalhar em equipe, entretanto, 20% dos estudantes declarou que a abordagem inibiu sua participação e engajamento na realização da tarefa colaborativa. Com relação às tecnologias escolhidas para dar suporte a presente atividade colaborativa, o uso de ambos WhatsApp® e Google Docs® tiveram um boa aceitação pela grande maioria dos estudantes (80%). A maioria dos estudantes declarou que ambos WhatsApp® e Google Docs® promoveram uma maior interação entre professor-aluno e aluno-aluno. Mais especificamente, os estudantes declaram que *“O whatsapp acabou se tornando uma ferramenta muito útil de suporte, pois facilita a comunicação entre alunos e o professor”* e que *“O uso do whatsapp foi bastante positivo, especialmente para tirar dúvidas”*. Já com relação ao uso do Google Docs® os estudantes declaram que *“Acredito que seja a melhor ferramenta para compartilhar e também salvar os trabalhos.”* e que *“O Google Docs é muito bom pela simultaneidade. Facilita a interação entre as pessoas que compartilham o conteúdo.”* Por outro lado, alguns estudantes (20%) discordaram que estas ferramentas de suporte à colaboração ajudaram a promover interações produtivas e 40% dos estudantes acreditam que elas não influenciam na sua motivação ou engajamento para resolver problemas colaborativamente.

Resultados interessantes foram obtidos quando os alunos foram convidados a opinar livremente sobre a atividade colaborativa. Por exemplo, quando perguntamos aos estudantes sobre:

1. **O que mais chamou sua atenção na atividade colaborativa?** Alguns estudantes declaram: *“Que o grupo foi capaz de focar o uso do whatsapp apenas para a solução dos problemas das etapas e contribuir com dicas”*; *“A capacidade de interação com as pessoas para resolução de problemas, mesmo que distantes”*; *“A possibilidade de acompanhar o processo de construção da atividade”* e *“A interação entre os estudantes”*.
2. **O que você mais gostou?** Alguns estudantes declaram: *“Interação com professor e outros alunos”*; *“O auxílio entre os alunos”*; *“As atividades práticas”* e *“Gostei de poder aprender um conteúdo novo, de aprender usar as inúmeras plataformas que algumas vezes desconhecemos.”*
3. **O que você não gostou?** Interessantemente, um aluno declarou *“Minha dificuldade de acompanhar as ferramentas de pesquisa em bioinformática”*, enquanto outro declarou que *“Me senti pressionada a responder minhas etapas no mesmo ritmo dos outros colegas, sendo que prefiro fazer trabalhos no final de semana. De qualquer forma, isso foi algo que me motivou a todo dia realizar um pouco da atividade.”* Esta última declaração, sugere que a abordagem utilizada foi eficiente para manter os estudantes participativos e engajados.
4. **O que poderia ser melhorado na atividade colaborativa?** Alguns estudantes declaram que *“Para mim a atividade foi excelente. Não vejo nada a melhorar, “A experiência foi agregadora”*; *“Talvez uma sinalização de quando alguma modificação foi feita”*; *“Podia ter um dia em que pudéssemos tirar dúvidas de forma interativa (por conferência, por exemplo). As vezes temos dúvidas que*

podem ser melhor explicadas através de um diálogo contínuo para formar uma linha de raciocínio”.

5. Discussão

A presente atividade colaborativa foi inicialmente projetada para ensinar estudantes da área da saúde a realizar uma pesquisa diagnóstica, usando banco de dados biológicos e ferramentas de bioinformática dentro de uma perspectiva prática. Para isso nós criamos um espaço de trabalho virtual usando ferramentas populares de coautoria (Google Docs®) e de comunicação (WhatsApp®) integrado a abordagem pedagógica de PBL.

Na percepção do estudante, a presente abordagem pedagógica resultou em uma experiência positiva. Estudos prévios têm demonstrado que a maioria dos estudantes apreciam, aprendem e valorizam as habilidades desenvolvidas por meio de estratégias educacionais de aprendizado baseadas em investigação comparado aos formatos mais tradicionais baseado em aulas expositivas [Brown 2016, Davies *et al.* 2019]. Adicionalmente, nossa pesquisa por observação empírica, considerando a atividade colaborativa como um todo, aponta para um maior comprometimento do estudante no treinamento de bioinformática, além do aumento do engajamento devido ao compartilhamento de responsabilidades entre os membros do grupo. De acordo com o estudo de Grant (2011), a abordagem PBL é um método capaz de aumentar o comprometimento do estudante com o processo de aprendizagem, uma vez que foca em atividades de trabalho em equipe, boa comunicação entre os membros do grupo e pesquisa de informações para resolver os problemas [*Ibid.*]. Além disso, na abordagem PBL, os estudantes são responsáveis por sua própria aprendizagem e, desta forma, o trabalho em grupo implica no compartilhamento de responsabilidades entre os membros do grupo, de modo a garantir que o problema seja resolvido [*Ibid.*]. Ao mesmo tempo, o PBL também ajuda os alunos a gerenciar seu tempo de aprendizagem com sabedoria, pois exige que eles completem a tarefa dada, com base em um tempo pré-determinado [*Ibid.*].

Estudos têm demonstrado que o uso de abordagens pedagógicas baseadas em investigação (*peer-assisted learning e PBL*) aumentam as habilidades prática de bioinformática e o conhecimento específico de processo, bem como o engajamento do estudante [Attwood *et al.* 2019, Brown 2016, Davies *et al.* 2019, Emery & Morgan 2017]. No entanto, no Brasil, estas abordagens pedagógicas têm sido pouco implementadas e investigadas no ensino de bioinformática clínica. Aqui, nós demonstramos que abordagens PBL, integrados a ferramentas de comunicação e coautoria populares e acessíveis, como o WhatsApp® e Google Docs®, podem ser eficientemente implementados na educação a distância, promovendo presença social, engajamento e colaboração. De acordo com a literatura o sucesso da nossa abordagem se deve, em grande parte ao uso de plataformas móveis de mensagens instantâneas, como o WhatsApp no PBL.

Estudos têm evidenciado que as ferramentas de mensagens instantâneas promovem uma comunicação efetiva entre os integrantes de um grupo PBL, facilitando

o desenvolvimento de presença social e promovendo ganhos significativos na aprendizagem [Murumba & Micheni 2017, Raiman *et al.* 2017, Robinson 2015]. Raiman *et al.* (2017) mostraram que o uso de aplicações móveis no ensino de profissionais de saúde promove um crescimento na participação do estudante, aumentando o processo de *feedback* e melhorando a comunicação entre os estudantes e o professor/tutor [Raiman *et al.* 2017]. Outros estudos mostraram que intervenções pedagógicas usando mídias sociais, no contexto de educação médica, tem inúmeros benefícios que incluem o grande potencial para promover engajamento, *feedback*, colaboração e desenvolvimento profissional. Além disso, o uso de mídias sociais também foi associado a melhoras na aquisição e retenção de conhecimentos, empatia e habilidades de escrita reflexiva [Cheston *et al.* 2013, Wang *et al.* 2012]. Mais recentemente, Raisolsadat *et al.* (2020) mostraram que uso de mídias sociais associado a abordagem PBL promove efeitos benéficos para o aprendizado colaborativo, presença social e satisfação de estudantes de medicina [Raisolsadat *et al.* 2020].

Vários estudos têm mostrado que as plataformas móveis de mensagens instantâneas, como o WhatsApp®, apresenta vantagens com relação a outras plataformas online utilizadas pelo sistema educacional [Akulwar 2019, Jahan *et al.* 2019, Raisolsadat 2020]. Dentre as vantagens estão a sua utilidade, aceitabilidade, disponibilidade e facilidade de uso, portabilidade [Akulwar 2019, Jahan *et al.* 2019, Raisolsadat 2020]. Interessantemente, Robinson (2015), argumenta que as aplicações móveis de mensagens instantâneas, como o WhatsApp, fornecem ao estudante uma conexão instantânea com outros estudantes comparado a salas/fóruns de discussões embutidos dentro de uma plataforma educacional, porque os usuários são alertados, imediatamente, por uma mensagem e podem responder a mensagem ou se juntar a uma conversa com apenas um clique. Além dos alertas chamarem a atenção do estudante, eles também o pressionam a agir, mas não necessariamente em tempo real. A facilidade de enviar imagens, vídeos mensagens de voz é outra vantagem das aplicações móveis, em relação àquelas embutidas em plataformas educacionais tradicionais [Robinson *et al.* 2015]. Robinson argumenta ainda que no WhatsApp® as mensagens são apresentadas em uma corrente cronológica de mensagens (registra a história da cooperação), não exigindo que o usuário tenha que filtrar uma lista de tópicos para encontrar a mensagem original. Além disso, o WhatsApp® possibilita a criação de grupos privados e intencionais, criando maiores possibilidades de conexão entre os membros do grupo e resultando em maior presença social [Robinson *et al.* 2015].

No presente estudo, nós observamos que a formação de grupos virtuais de aprendizado no WhatsApp®, também contribuiu para um maior envolvimento cognitivo (*insight*) e emocional (demonstrações de satisfação e gratidão). Estes achados estão de acordo com estudos prévios, demonstrando que laços de amizade mais fortes são outro benefício educacional de redes sociais virtuais [Bicen *et al.* 2014, Grover *et al.* 2013]. Bicen, por exemplo, demonstrou que as conexões entre amigos e colegas possibilita que eles se comuniquem a qualquer momento, fazendo perguntas à classe para resolver ambiguidades [Bicen *et al.* 2014].

Embora o papel da formação de grupos em atividades colaborativa não tenha sido um dos objetivos da nossa pesquisa, nós observamos que a atuação do professor, além do número e composição dos grupos podem ser fatores determinantes para o

sucesso de abordagens PBL com suporte computacional. O processo de tutoria em PBL pode ser bastante desafiador, uma vez que, o tutor deve intervir o mínimo possível no processo de resolução do caso e, ao mesmo tempo, não pode permitir que o estudante se perca ou se desmotive [Suebnuakarn & Haddawy 2006]. De acordo com Raisolsadat *et al.* (2020), a presença de um professor em um grupo de aprendizagem virtual não deve promover a redução de interações dentro do grupo, mas agregar um valor na facilitação da aprendizagem [Raisolsadat *et al.* 2020]. No presente estudo, o acompanhamento das atividades pelo professor em tempo real, no grupo de trabalho virtual, não coibiu as interações entre os estudantes. No geral, os estudantes se articularam de modo efetivo, cooperando na execução de todas as tarefas, demonstrando autonomia, e uma boa compreensão dos objetivos, conteúdos e processos propostos na atividade. Por outro lado, o comportamento/interação e conteúdo produzido pelo grupo 3, sugere que os objetivos de aprendizagem necessitam ser melhor explicitados, etapa a etapa. Segundo a intervenção pedagógica proposta por Brown *et al.* (2016), os objetivos de aprendizagem devem ser claramente explicitados e divididos em cada conhecimento ou processo relacionado, guiando os planos estratégicos dos estudantes e possibilitando uma aquisição gradual de conceitos científicos [Brown 2016]. Outro fator que poderia garantir o sucesso da abordagem em todos os grupos é a seleção cuidadosa (não-aleatória) dos integrantes do grupo. No estudo de Davis *et al.* (2019), por exemplo, os integrantes dos grupos de estudo de caso foram cuidadosamente selecionados para incluir uma mistura de experiências educacionais, incluindo alunos com experiência anterior de trabalho com ferramentas de bioinformática ou de trabalho em um laboratório de genética clínica [Davies *et al.* 2019]. Com relação ao número de participantes, nossa experiência empírica sugere que os grupos WhatsApp devem ter um número pequeno de integrantes (3-4 alunos) e deve ser sempre acompanhado por um tutor experiente em PBL, guiando ou estimulando a colaboração. Estas observações estão em concordância com o estudo de Raiman *et al.* (2017), que sugere que pequenos grupos de estudo no Whatsapp podem favorecer uma dinâmica de grupo positiva, resultando no aumento da participação e engajamento do estudante [Raiman *et al.* 2017]. Entretanto, o papel do tutor, bem como a composição e tamanho dos grupos, no presente contexto educacional, necessitam ser melhor compreendidos e investigados. Além disso, estudos adicionais com um número maior e mais diversificado de estudantes são necessários para verificar os impactos positivos e negativos da formação de grupos virtuais na presença social, engajamento, colaboração.

Na presente intervenção pedagógica, relatos detalhados foram produzidos pelos estudantes no Google Docs®, descrevendo os dados gerados e as fontes utilizadas, e demonstrando que a maioria dos estudantes compreendeu os conceitos e as aplicações das ferramentas de bioinformática e bancos de dados biológicos. A análise destes relatos, conjuntamente com a análise do conteúdo das mensagens de WhatsApp® e Enquetes, sugerem que houve um aumento do engajamento, colaboração e na aquisição de conhecimento específico de processo e habilidades práticas de bioinformática. Entretanto, uma limitação do nosso estudo foi que a coleta de dados foi realizada apenas pela observação empírica do comportamento/interações dos estudantes nos espaços de colaboração, avaliação qualitativa dos relatos produzidos pelos estudantes no Google Docs® e enquetes para capturar a experiência/percepção do estudante.

6. Conclusão

O objetivo da presente abordagem pedagógica colaborativa suportada por computador foi engajar os estudantes e aumentar suas habilidades de trabalho em equipe, bem como seu conhecimento específico de processo e de conteúdo de bioinformática clínica. Considerando os diálogos dos estudantes no WhatsApp®, relatos produzidos pelos estudantes no Google Docs® e pesquisa de satisfação realizada após a intervenção pedagógica, estes objetivos foram atingidos. A presente intervenção pedagógica mostrou um grande potencial para promover presença social, engajamento e a colaboração, contribuindo para o desenvolvimento de conhecimento específico de domínio e de habilidades práticas de bioinformática. Por outro lado, uma limitação do nosso estudo foi a impossibilidade de estimar as habilidades e conhecimento prévio do estudante e, conseqüentemente, os ganhos reais de aprendizagem promovido pela atividade colaborativa, uma vez que optamos por utilizar um métodos qualitativo de pesquisa. Assim, pesquisas adicionais usando métodos quantitativos pré e pós-teste para medir a eficiência da presente intervenção pedagógica na aquisição e retenção de conhecimento novo, bem como para comparar abordagem PBL mediadas por mídias sociais *versus* atividades de PBL convencionais face-a-face, são necessárias para determinar a real efetividade da presente intervenção pedagógica no processo de aprendizado. Outra limitação do nosso estudo foi o pequeno número de alunos e sua implementação em um contexto de treinamento extremamente específico. Portanto, seria interessante a realização de estudos adicionais como um número maior de estudantes, com o objetivo de aprimorar a presente iniciativa, bem como o de adaptá-la para outras condições de treinamento de bioinformática tais como: Proteômica, Transcriptômica, Microbioma.

7. Referências

- Akhigbe, T. (2019). Social Media Paediatrics: Enhancing WhatsApp use in Paediatrics Specialty Training. *International Journal of Medical Reviews and Case Reports*, 3(10):646-648. doi: 10.5455/IJMRCR.Social-Media-Paediatrics
- Akulwar I. S. (2019). What's up! WhatsApp: An Additional Teaching-Learning Tool in Physiotherapy Education, *Communication, Society and Media (Online)*, 2 (4), 137-146. doi:10.22158/csm.v2n3p136
- Attwood, T. K., Blackford, S., Brazas, M. D., Davies, A., & Schneider, M. V. (2019). A global perspective on evolving bioinformatics and data science training needs. *Briefings in Bioinformatics*, 20 (2), 398–404. doi: <https://doi.org/10.1093/bib/bbx100>
- Awan, Z. A., Awan, A. A., Alshawwa, L., Tekian, A., & Park, Y. S. (2018). Assisting the integration of social media in problem-based learning sessions in the Faculty of Medicine at King Abdulaziz University. *Med Teach*, 40(sup1), S37-S42. doi:10.1080/0142159X.2018.1465179
- Bicen, H., Ozdamli, F., & Uzunboyly, H. (2014). Online and blended learning approach on instructional multimedia development courses in teacher education. *Interactive Learning Environments*, 22(4), 529-48. doi: <https://doi.org/10.1111/1467-6427.12159>
- Brown, J. A. L. (2016). Evaluating the Effectiveness of a Practical Inquiry-Based Learning Bioinformatics Module on Undergraduate Student Engagement and Applied Skills. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 44 (3), 304–313. doi: 10.1002/bmb.20954

- Cheston, C. C., Flickinger, T., & Chisolm, M. (2013). Social Media Use in Medical Education, A Systematic Review. *Acad Med*, 88 (6): 893-901. doi: 10.1097/ACM.0b013e31828ffc23
- Davies, A. C., Harris, D., Banks-Gatenby, A., & Brass, A. (2019). Problem-based learning in clinical bioinformatics education: Does it help to create communities of practice? *PLoS Comput Biol*, 15(6), e1006746. doi:10.1371/journal.pcbi.1006746
- Emery, L. R., & Morgan, S. L. (2017). The application of project-based learning in bioinformatics training. *PLoS Comput Biol*, 13(8), e1005620. doi:10.1371/journal.pcbi.1005620
- Grant, M. M. (2011). Learning, Beliefs, and Products: Students' Perspectives with Project-Based Learning. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 5, 37-69. doi: <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1254>
- Grover, S., Garg, B., & Sood, N. (2020). Introduction of case-based learning aided by WhatsApp messenger in pathology teaching for medical students. *J Postgrad Med*, 66(1), 17-22. doi:10.4103/jpgm.JPGM_2_19
- Huang PC. (2000) The integrative nature of biochemistry: challenges of biochemical education in the USA. *Biochem Educ*. 28(2):64-70.
- Hwang, H. J., Wang, W. T., & Lin, Y. L. (2019). Integrating Social Media into Problem-Based Learning to Improve Students' Learning Performance. In: Rønningsbakk, L., Wu, T. T., Sandnes, F., Huang, Y. M. (eds) *Innovative Technologies and Learning. ICITL 2019. Lecture Notes in Computer Science*, vol 11937. Springer, Cham. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-35343-8_76
- Jahan F., Siddiqui, M. A., Mukhlif, A. Z., Al Kalbani, K. A., & Al Rawahi, A. I. (2019). New Face of Clinical Teaching and Learning: Social Media in Medical Education Use of WhatsApp among Medical Students in Clinical Teaching at Oman Medical College. *Br J Med Health Res*, 6 (3), 40-48. doi: 10.46624/bjmhr.2019.v6.i03.005
- Kanterakis, A. (2018). On the development of an open and collaborative bioinformatics research environment. *Procedia Computer Science*, 126, 1062-1071. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.043>
- Kobbe, L., Weinberger, A., Dillenbourg, P. Harrer, A., Hämäläinen, R., Häkkinen, P., & Fischer, F. (2007). Specifying computer-supported collaboration scripts. *Computer Supported Learning*, 2, 211-224. doi: <https://doi.org/10.1007/s11412-007-9014-4>
- Kobbe, L. (2006). *Framework on multiple goal dimensions for computer-supported scripts, Kaleidoscope, D21.2.1 (Final). PDF*
- Marques, F. (2015). Medicina de precisão. *FAPESP*, edição 237. Disponível online em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/2015/11/17/medicina-de-precisao/>
- Murumba, J., & Micheni, E. (2017). Social Media Integration into Problem Based Learning in Universities. *International Journal of Emerging Science and Engineering (IJESE)*, 4(9), 19-25.
- Queiroz, D. T., Vall, J., Souza, A. M. A., & Vieira, N. F. C. (2007). Observação participante na pesquisa qualitativa: conceitos e aplicações na área da saúde. *R Enferm UERJ*, 15(2):276-83.
- Raiman, L., Antbring, R., & Mahmood, A. (2017). WhatsApp messenger as a tool to supplement medical education for medical students on clinical attachment. *BMC Med Educ*, 17(1), 7. doi:10.1186/s12909-017-0855-x
- Raisolsadat, M. A., Moussavi, N. S., Farajpour, A., & Meshkinyazd, A. (2020). Investigating the Effects of Problem-Based Learning in a Virtual Group on Collaborative Learning, Social Presence and Student Satisfaction in Surgery Department. *Interdiscip J Virtual Learn Med Sci*, 11(2), 102-111. doi: 10.30476/ijvlms.2020.85422.1020.
- Robinson, L., Behi, O., Corcoran, A., Cowley, V., Cullinane, J., Martin, I., & Tomkinson, D. (2015). Evaluation of Whatsapp for Promoting Social Presence in a First Year Undergraduate Radiography

Problem-Based Learning Group. *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences*, 46 (3), 280-286. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmir.2015.06.007>

Shome, S., Parra, R. G., Fatima, N., Monzon, A. M., Cuypers, B., Moosa, Y., *et al.* (2019). Global network of computational biology communities: ISCB's Regional Student Groups breaking barriers, [version 1; peer review: not peer reviewed]. *F1000Research* 2019, 8 (ISCB Comm J), 1574. doi: <https://doi.org/10.12688/f1000research.20408.1>

Suebnuksarn, S., & Haddawy, P. (2006). A Bayesian approach to generating tutorial hints in a collaborative medical problem-based learning system. *Artif Intell Med*, 38(1), 5-24. doi:10.1016/j.artmed.2005.04.003

Tibell, L. A, Rundgren C. J. (2010) Educational challenges of molecular life science: Characteristics and implications for education and research. *CBE Life Sci Educ*, 9(1):25-33. doi: 10.1187/cbe.08-09-0055.

Wang, A. T., Sandhu, N. P., Wittich, C. M., Mandrekar, J. N., & Beckman, T. J. (2012). Using social media to improve continuing medical education: a survey of course participants. *Mayo Clin Proc*, 87(12), 1162-1170. doi:10.1016/j.mayocp.2012.07.024

Zakaria, M. I., Maat, S. M., & Khalid, F. (2019). A Systematic Review of Problem Based Learning in Education. *Creative Education*, 10, 2671-2688. doi: 10.4236/ce.2019.1012194

Zorzetto, R. (2019). Legados do genoma. *Pesquisa FAPESP*, edição 284. Disponível online em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/2019/10/07/legados-do-genoma/>