
Procedimentos e Motivações para a Utilização de Análise de Redes Sociais na Pesquisa em Ensino Superior em Áreas Científicas: Uma Revisão da Literatura⁺*

*Bruna Schons Ribeiro*¹

Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Porto Alegre – RS

*Leonardo Albuquerque Heidemann*¹

*Tobias Espinosa*¹

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Porto Alegre – RS

Resumo

Humanos são seres sociais, e interações sociais desempenham papel crucial em diversos âmbitos, incluindo a educação. Assim, esta revisão de literatura examina como e com quais propósitos a Análise de Redes Sociais (ARS) tem sido empregada em pesquisas sobre integração de estudantes universitários em ambientes acadêmicos de áreas STEM (acrônimo consagrado em inglês para Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática). A ARS se diferencia por focar em relações entre atores, em vez de indivíduos isoladamente. Baseado em 52 estudos, conclui-se que: (i) o uso da ARS neste campo de pesquisa é relativamente recente e em desenvolvimento; (ii) a ARS é uma metodologia versátil, permitindo a investigação de diversas questões de pesquisa com variedade de técnicas de coleta e análise de dados; (iii) a ausência de referenciais teóricos é uma limitação recorrente que, se superada, poderia fortalecer conclusões dos estudos; (iv) variáveis contextuais influenciam os resultados das pesquisas, sendo recomendável que cada instituição examine sua própria realidade antes de adotar ações generalizadas.

⁺ Procedures and Motivations for Using Social Network Analysis in Higher Education Research in Scientific Fields: A Literature Review

^{*} Recebido: 2 de maio de 2025.

Aceito: 5 de novembro de 2025.

¹ E-mails: bruna.schons@ufrgs.br; tobiasesp@gmail.com; leonardo.h@ufrgs.br

Palavras-chave: *Revisão de Literatura; Análise de Redes Sociais; Ensino Superior; STEM; Interações entre Estudantes.*

Abstract

Humans are social beings, and social interactions play a crucial role in various domains, including education. Accordingly, this literature review examines how and for what purposes Social Network Analysis (SNA) has been employed in research on university student integration in STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) academic environments. SNA stands out by focusing on relationships between actors rather than on individuals in isolation. Based on 52 studies, the following conclusions are drawn: (i) the use of SNA in this research field is relatively recent and still developing; (ii) SNA is a versatile methodology, allowing for the investigation of diverse research questions through a variety of data collection and analysis techniques; (iii) the lack of theoretical frameworks is a recurring limitation that, if addressed, could strengthen the conclusions of the studies; (iv) contextual variables significantly influence research findings, making it advisable for each institution to examine its own reality before adopting generalized actions.

Keywords: *Literature Review; Social Network Analysis; Higher Education; STEM; Student Interactions.*

I. Introdução

Seres humanos são seres sociais. Não é possível falar da espécie humana sem pensar em como indivíduos se relacionam, criam comunidades e estabelecem interações entre si. Mais do que importantes, as relações sociais entre pessoas são entendidas como necessidades básicas por diferentes teorias dentro da psicologia. Maslow (1943), por exemplo, estabeleceu uma hierarquia de necessidades básicas ao ser humano, sendo que as necessidades por amor, afeto e pertencimento só estão atrás das necessidades fisiológicas – como comer e respirar – e por segurança e proteção. Deci e Ryan (1985), em sua teoria da motivação, destacaram relacionamento como uma das três necessidades psicológicas básicas essenciais ao ser humano, ao lado da autonomia e da competência. Em suma, a necessidade de estabelecer relações interpessoais tem sido um tema recorrente nos estudos sobre motivação na psicologia, com a compreensão de que o desenvolvimento pleno do ser humano não pode ocorrer em isolamento.

As interações entre indivíduos são fundamentais em diversas esferas da vida humana, desde as mais evidentes, como relacionamentos – sejam eles românticos, familiares ou de amizade – até as mais sutis, estabelecidas no trabalho, na escola ou na universidade. O

desenvolvimento pessoal está atrelado à construção de relações entre as pessoas que compartilham o mesmo ambiente (Osher *et al.*, 2021). Essa lógica se mantém no contexto educacional: por diversos motivos, a integração dos estudantes ao ambiente escolar ou universitário parece ser fundamental para se alcançar resultados positivos, sejam eles desempenho (Williams *et al.*, 2017; Williams *et al.*, 2019), persistência (Goertzen; Brewe; Kramer, 2013; Zwolak *et al.*, 2017), interesse (Dou *et al.*, 2018) ou autoeficácia (Zander *et al.*, 2018; Dou; Brewe, 2014).

As interações entre indivíduos podem variar em muitos aspectos. No contexto educacional, por exemplo, estudantes podem interagir numa dimensão acadêmica, mas também em uma dimensão social; podem se relacionar com um pequeno ou com um grande número de colegas; podem ter interações mais ou menos frequentes, relevantes ou duradouras; podem se relacionar com pessoas diversas ou com apenas um perfil específico. Como essas e outras variáveis podem afetar a relação entre integração social e os resultados educacionais positivos? Será que existe um padrão nas relações entre essas variáveis? Isto é, será que as interações sociais e suas consequências se manifestam da mesma forma em todos os contextos, permitindo que ações institucionais sejam planejadas e implementadas com base apenas na literatura existente, ou será necessário sempre um estudo de cada caso particular para que as ações sejam endereçadas de forma adequada ao contexto específico?

Uma alternativa para compreender como diferentes aspectos das interações entre indivíduos podem levar a resultados mais positivos na educação é a Análise de Redes Sociais (ARS). Essa metodologia se mostra adequada para situações como essa porque, na ARS, a unidade de análise não é os indivíduos isoladamente, mas todo o sistema composto por atores e conexões entre esses atores (Wasserman; Faust, 1994). Enquanto outras metodologias podem acabar subestimando a influência de um elemento sobre o outro, é precisamente essa relação que queremos e poderemos analisar utilizando a ARS.

A centralidade das interações sociais na educação encontra respaldo em diversas teorias da psicologia e da sociologia, o que reforça a pertinência do uso da ARS nesse contexto. Em diferentes tradições teóricas, as relações entre indivíduos são concebidas como elementos constitutivos do desenvolvimento humano e da organização social. É o caso da Teoria do Desenvolvimento Psicossocial de Erik Erikson (Erikson, 1963), da Teoria Sociocultural de Lev Vygotsky (Vygotsky, 1962; Vygotsky, 1978) e da Teoria da Troca Social de George Homans (Homans, 1974), bem como de abordagens sociológicas como o Interacionismo Simbólico de George Herbert Mead e Herbert Blumer (Blumer, 1986), a Teoria dos Papéis Sociais (Linton, 1936; Linton, 1945; Goffman, 1959) e a Teoria da Estruturação de Anthony Giddens (Giddens, 1984). Alinhada a essas perspectivas, a ARS permite representar e examinar empiricamente as estruturas de interação que essas teorias destacam como fundamentais. No campo educacional, esse enfoque dialoga também com a Teoria Social Cognitiva de Albert Bandura (Bandura, 1986), a abordagem sociocultural de James Wertsch (Wertsch, 1988; Wertsch, 1991) e a noção

de comunidades de prática de Etienne Wenger (Wenger, 1999), todas as quais enfatizam o papel das relações sociais no aprendizado e na formação de identidades acadêmicas.

Tendo isso em mente, o foco dessa revisão de literatura é investigar como e com quais objetivos a metodologia de Análise de Redes Sociais tem sido utilizada em pesquisas sobre integração de estudantes universitários em ambientes acadêmicos nas áreas STEM. Como a integração dos estudantes universitários afeta diretamente sua intenção de persistir (Zwolak; Zwolak; Brewe, 2018; Huerta-Manzanilla; Ohland; Peniche-Vera, 2021), e o tema da evasão e da permanência estudantil tem ganhado destaque na área educacional, optamos por explorar esse aspecto com maior profundidade. Esse enfoque orienta nossas escolhas de termos de busca e a seleção dos trabalhos que compõem a revisão.

No que segue, apresentamos a metodologia de busca e seleção dos artigos analisados, os resultados do estudo e, por fim, discussões sobre esses resultados.

II. Metodologia de Seleção de Artigos

Esta revisão da literatura tem características de uma revisão integrativa (Botelho; Cunha; Macedo, 2011), pois busca analisar e sintetizar o conhecimento disponível em estudos passados, construindo novos conhecimentos a partir dos resultados destas pesquisas. Foi realizada com artigos selecionados em três bases de dados: Scopus, Portal de Periódicos da Capes e Google Acadêmico. A busca foi realizada em agosto de 2024 e não foi imposto limite de data para as publicações. Utilizamos os seguintes descritores: (*"social integration" OR "academic integration" OR "university persistence" OR "student persistence" OR persistence OR dropout OR "chemistry education" OR "physics education" OR "biology education" OR "mathematics education"*) AND *"social network analysis"*.

Identificamos um total de 199 trabalhos no Scopus, 1557 no Portal de Periódicos da Capes e 39.000 no Google. No caso do Google Acadêmico, devido ao número de trabalhos apresentados, selecionamos os primeiros 250 textos listados, ordenados por relevância segundo o sistema de busca. No caso do Google Acadêmico, reconhecemos que o critério de ordenação “por relevância” é pouco transparente, uma vez que o sistema não divulga de forma explícita os fatores considerados nem seus respectivos pesos. Ainda assim, optamos por utilizar essa forma de ordenação, pois entende-se que ela leva em conta aspectos como a correspondência dos termos de busca com o título e o conteúdo dos textos, o número de citações recebidas e a reputação dos autores e periódicos. Além disso, consideramos essa opção mais adequada do que a ordenação por data, dado que a busca não foi limitada temporalmente. Ao final, portanto, selecionamos 2006 trabalhos. Após essa seleção:

1. Foram excluídos trabalhos duplicados ou que não estavam redigidos em português, inglês ou espanhol;
2. Foram excluídos, a partir da leitura do título, trabalhos fora do escopo da pesquisa, como artigos em que:
 - a. o termo “redes sociais” se refere a “mídias sociais”, e não à metodologia;

- b. a ARS é utilizada em outros contextos que não o educacional;
- c. o estudo foi realizado com animais.
- 3. Foram excluídos, a partir da leitura do resumo, trabalhos que:
 - a. eram livros, teses, dissertações, TCCs, resumos, pois nos limitamos a investigar somente artigos de periódicos e trabalhos publicados em congressos com avaliação por pares;
 - b. não envolviam coleta de dados empíricos;
 - c. eram revisões de literatura;
 - d. foram realizados na Educação Básica, já que nos concentramos em estudos realizados no Ensino Superior;
 - e. exploravam redes com nós que não são estudantes;
 - f. exploravam apenas interações entre os estudantes de forma online;
 - g. foram realizados com estudantes de outras áreas que não STEM ou que não explicitaram a área de formação dos estudantes.

Com esses procedimentos, que foram conduzidos pela primeira autora, foram selecionados 57 artigos que, então, foram lidos integralmente. Desses 57, 5 ainda foram excluídos durante essa leitura. Portanto, nossa análise final foi baseada nos 52 artigos destacados no Apêndice A.

Durante a leitura dos 52 artigos selecionados, utilizamos uma tabela estruturada com perguntas orientadoras, na qual foram sistematicamente registradas as informações pertinentes de cada estudo. Após a conclusão dessa etapa, realizamos uma categorização temática das respostas às perguntas orientadoras. A análise dos estudos levou à definição de categorias que foram construídas de forma indutiva, com base na recorrência de padrões conceituais e na relevância de determinados aspectos para os objetivos da revisão. Esse processo analítico permitiu organizar e sintetizar os dados, particularmente no agrupamento das categorias referentes aos “objetivos” e “resultados” dos estudos, resultando nos temas apresentados na Seção III.3.

III. Análise da Literatura Selecionada

Com o objetivo geral de investigar como e com quais objetivos a metodologia de Análise de Redes Sociais tem sido utilizada em pesquisas sobre integração de estudantes universitários em ambientes acadêmicos nas áreas STEM, analisamos os 52 artigos selecionados visando responder a três questões de pesquisa: (i) Qual é o perfil da produção acadêmica que utiliza ARS para estudar interações entre estudantes universitários no ambiente acadêmico nas áreas STEM? (ii) Como os estudos que utilizam ARS para estudar interações entre estudantes universitários no ambiente acadêmico nas áreas STEM são realizados? (iii) Quais são os principais temas investigados por estudos que utilizam ARS para estudar

interações entre estudantes universitários no ambiente acadêmico nas áreas STEM? Discutimos, ao longo dessa seção, cada questão individualmente.

III.1 Qual é o perfil da produção acadêmica que utiliza ARS para estudar interações entre estudantes universitários no ambiente acadêmico nas áreas STEM?

Constatamos que a utilização da metodologia de Análise de Redes Sociais para estudar interações entre estudantes universitários nas áreas STEM ainda é incipiente. Dos 52 artigos selecionados nesta revisão, o mais antigo foi publicado em 2010 (Brewer; Kramer; O'Brien, 2010). Um crescimento no número de publicações é identificado a partir de 2017, como mostra a Fig. 1, embora haja um número reduzido em 2021, 2023 e 2024. Apesar de não ser possível determinar com precisão as razões dessa redução, uma hipótese é que essa área de pesquisa tenha sido impactada pela pandemia de Covid-19, que limitou a realização de aulas e, portanto, estudos sobre interações presenciais, especialmente tendo em vista que um de nossos fatores de exclusão foi a análise de interações exclusivamente virtuais.

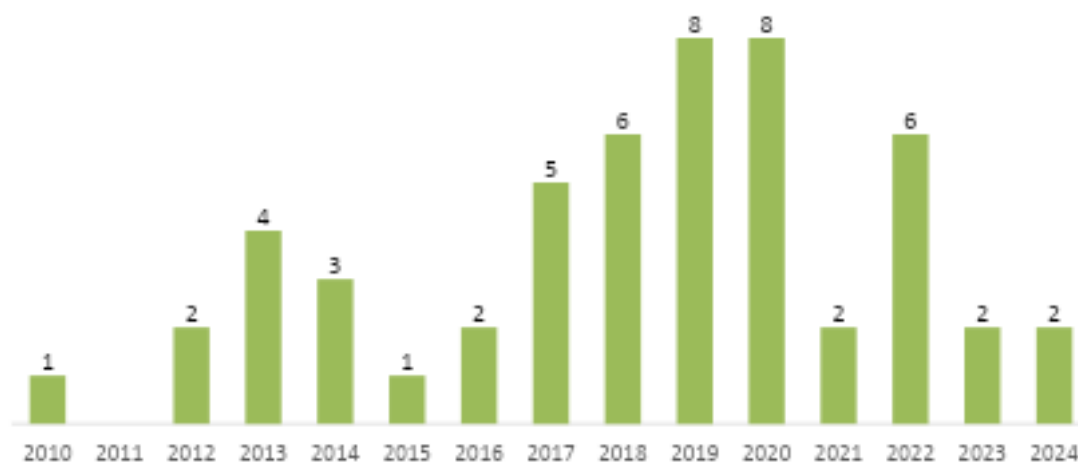


Fig. 1 – Histograma de trabalhos que compõem a revisão por ano de publicação.

Esses dados evidenciam que o estudo de interações sociais entre estudantes nas áreas STEM pelas lentes da ARS ainda está se desenvolvendo e se consolidando, de maneira que diversos aspectos podem não ter sido endereçados até o momento, com espaço para a expansão dessa área de pesquisa. Constatamos também que todos os artigos selecionados foram redigidos em língua inglesa, mesmo que também tenham sido selecionados previamente textos em português e espanhol. Embora os Estados Unidos seja o país com número significativamente maior de estudos (35 de 52), pesquisas realizadas em outros países, como no Chile (Pulgar; Rios; Candia, 2019; Pulgar; Candia; Leonardi, 2020) e na Alemanha (Zander *et al.*, 2018; Powazny; Kauffeld, 2021), também foram publicadas em inglês.

Ainda que os termos de busca tenham sido escolhidos para abarcar todas as áreas das ciências da natureza (Física, Química e Biologia) e Matemática, parte significativa dos

trabalhos analisados foram desenvolvidos em disciplinas de Física (27 de 52). Destacam-se também pesquisas que não foram realizadas no contexto de sala de aula, como: (i) em espaços de estudos e convivência (Brewer; Kramer; Sawtelle, 2012); (ii) em programas de verão (Salzman *et al.*, 2020; Hass *et al.*, 2018; Pomian *et al.*, 2017); (iii) em laboratórios de ensino (Han; Oh; Kang, 2022); (iv) em projetos extracurriculares de pesquisa/inação (Sonnenberg-Klein; Abler; Coyle, 2018); (v) utilizando informações de bancos de dados das universidades, como dados demográficos e de matrícula (Huerta-Manzanilla; Ohland; Long, 2013). Essas diferentes possibilidades são importantes para caracterizar as interações entre os estudantes em outros ambientes além da sala de aula, visto que as relações não se estabelecem apenas nos espaços formais das disciplinas e podem também ser relevantes para que os estudantes possam alcançar resultados positivos no seu desenvolvimento pessoal, social e acadêmico.

Uma última característica geral sobre os artigos analisados é que há variedade de referenciais teóricos e áreas de estudo que fundamentam o desenvolvimento dos estudos. Dentre os mais utilizados, podemos citar a Teoria Social Cognitiva, de Albert Bandura – especialmente se valendo do conceito de autoeficácia –, que é mobilizada em cinco artigos (Dou; Brewer, 2014; Dou *et al.*, 2018; Dou *et al.*, 2016; Olivares *et al.*, 2019; Zander *et al.*, 2018), e modelos de evasão ou persistência estudantil – principalmente de Vincent Tinto –, que são utilizados em seis artigos (Forsman; Moll; Linder, 2014; Huerta-Manzanilla; Ohland; Long, 2013; Williams *et al.*, 2017; Williams *et al.*, 2019; Zwolak; Brewer, 2015; Zwolak *et al.*, 2017). É significativo o número de artigos que não explicitam referencial teórico (25 de 52). A constatação de correlações por si só é um resultado interessante, mas a ausência de um marco teórico para a análise pode limitar a interpretação dos resultados e a formulação de conclusões fundamentadas e dirigidas a um problema específico.

III.2 Como os estudos que utilizam ARS para estudar interações entre estudantes universitários no ambiente acadêmico nas áreas STEM são realizados?

Para estudar interações entre indivíduos, é necessário captar a ocorrência dessas interações. Frequentemente, contudo, obter informações sobre eventos que podem acontecer a qualquer momento, em qualquer espaço, longe dos olhos dos pesquisadores, é complexo e desafiador. Por esse motivo, algumas estratégias são tomadas para tornar viável a obtenção desses dados.

Destacam-se como instrumento de coleta de dados os questionários. Dos 52 artigos analisados, 41 utilizaram algum tipo de *survey* para investigar com quem os estudantes haviam interagido. Além disso, em 30 desses 41 estudos, o questionário foi reaplicado pelo menos uma vez, como modo de avaliar alguma mudança temporal na rede, ou como uma metodologia de comparação entre pré e pós teste. Esses questionários eram compostos, em linhas gerais, por questões como: “*Por favor, escolha da lista de pessoas matriculadas na sua turma de física os nomes de quaisquer outros estudantes com quem você teve uma interação significativa em aula durante a última semana, mesmo que você não tenha sido a principal pessoa a falar.*” (Traxler

et al., 2020, p. 6, tradução nossa), “*Com quem você trabalha para aprender física?*” (Brewer; Kramer; O’Brien, 2010, p. 86, tradução nossa) e também “*Quais dos seus colegas de turma você considera um amigo?*” (Boda *et al.*, 2020, p. 9, tradução nossa).

Entretanto, nem sempre o objetivo dos estudos é identificar os estudantes que mais interagem com seus colegas (falaremos no próximo tópico sobre objetivos das pesquisas); nesses casos, as perguntas feitas aos participantes das pesquisas mudam. Por exemplo, em Grunspan *et al.* (2016), os pesquisadores investigaram a confiança que os estudantes tinham em seus colegas, e por isso o questionário solicitava que citassem colegas que eles sentiam que tinham um “*bom entendimento do conteúdo da aula*” (p. 2, tradução nossa). Pergunta similar foi feita por Sundstrom e Kageorge (2024), que procurava identificar os estudantes que possuíam maior reconhecimento de seus pares: “*solicitando que os estudantes indicassem colegas que consideravam ter um bom desempenho em física*” (p. 4, tradução nossa).

Destaca-se que, pela característica própria do instrumento, é exigido do participante que ele relembre as interações que teve, de forma que esse método de coleta implica a perda de informações que não são mobilizáveis pela memória dos participantes. Ademais, estudantes que não respondem ao questionário também aumentam os dados ausentes. No entanto, estudos como o de Smith e Moody (2013) mostram que as redes construídas são representativas da realidade mesmo com perdas de informações. Ou seja, mesmo que o questionário seja um instrumento que frequentemente impossibilita a plena identificação dos dados de interação, a metodologia de ARS proporciona resultados significativos. Essa pode ser considerada uma das maneiras mais acessíveis de se coletar dados para a construção de redes sociais, e por isso foi a escolhida para quase 80% dos estudos analisados.

Essa não é, contudo, a única forma de se coletar informações sobre interações entre estudantes. Estudos também utilizam observações (Boda *et al.*, 2020; Brown, 2019; Commeford; Brewer; Traxler, 2021) e análises de gravações de vídeo (Goertzen; Brewer; Kramer, 2013; Hass *et al.*, 2018; Pomian *et al.*, 2017; Sundstrom *et al.*, 2022; Walsh; Lushaliev; Holmes, 2020) em sala de aula para a coleta de dados. Embora esses métodos possibilitem um retrato mais fidedigno do que com um questionário, o volume de dados exige uma maior limitação espacial e temporal na coleta. Enquanto que, com questionários, se pode solicitar que as pessoas apontem as interações realizadas nas últimas semanas, na observação e análise de vídeos, isso é praticamente inviável devido à grande quantidade de dados a serem analisados. É necessário que o pesquisador avalie as suas intenções e o caso investigado para concluir qual é o instrumento mais adequado para seu contexto e seus objetivos.

Além destes métodos tradicionais, algumas pesquisas (15 de 52) envolveram a coleta de informações provenientes de bancos de dados de cursos, da universidade ou até mesmo do país. Por exemplo, o estudo realizado por Ramsey *et al.* (2023) investigou as implicações de os participantes cursarem diferentes disciplinas com os mesmos colegas, de forma que as conexões nas redes não indicavam interações diretas, mas sim a matrícula simultânea dos estudantes em uma mesma disciplina. Por fim, destaca-se também que entrevistas (Benbow; Lee, 2022;

Berhan *et al.*, 2019; Brown, 2019; Goertzen; Brewe; Kramer, 2013), percepções dos professores (Grunspan *et al.*, 2016; Sundstrom; Kageorge, 2024) e atividades realizadas em sala de aula (Fire *et al.*, 2012; Olivares *et al.*, 2019; Pulgar; Candia; Leonardi, 2020; Williams *et al.*, 2015) também foram utilizadas para coletas de dados. Assim, identificamos que, apesar da preferência pelo uso de questionários, existem também outras possibilidades para a coleta de dados em um estudo que envolva ARS, a depender dos objetivos e da viabilidade de cada pesquisa.

Posteriormente à coleta de dados, segue-se naturalmente a análise desses dados. Por se tratar de uma metodologia majoritariamente quantitativa, a ARS requer, frequentemente, o uso de *softwares* para calcular métricas das redes. Destaca-se o uso da linguagem R – em especial da biblioteca *igraph* – que foi utilizada em 24 dos 52 estudos. Também foram utilizados a linguagem Python (4 de 52) e os *softwares* Ucinet (7 de 52), Pajek (2 de 52), Gephi (2 de 52) e Negopy (1 de 52). Há, portanto, uma preferência dos pesquisadores pela linguagem R, possivelmente pela sua versatilidade e por suas potencialidades, sustentadas nas inúmeras bibliotecas que estão disponíveis ao usuário.

Há estudos, entretanto, que não se valem de métricas das redes. Em algumas pesquisas, por exemplo, é apenas contabilizado o número de interações de cada integrante da rede – ou seja, o grau, ou grau de entrada e grau de saída, em caso de redes direcionadas – de forma que não se faz necessário um *software* para isso. É o caso de Benbow e Lee (2022), Pomian *et al.* (2017) e Ramsey *et al.* (2023). Existe a possibilidade também de os pesquisadores avaliarem características da rede apenas por meio da análise da sua representação gráfica, de forma descritiva, como em Salzman *et al.* (2020). Há também os estudos em que os autores optaram por apresentar as equações das métricas utilizadas no corpo do texto, sem indicar um *software*/linguagem de programação em que realizou esse cálculo. É o caso de Huerta-Manzanilla, Ohland e Peniche-Vera (2021), Sundstrom *et al.* (2022), Sundstrom e Kageorge (2024) e Walsh, Kushaliev e Holmes (2020). Apesar das potencialidades desse tipo de análise, o uso de métricas das redes sociais possibilita a identificação de características das interações representadas que vão além das capacidades interpretativas puramente visuais.

A ARS possui uma diversidade de medidas que mensuram diferentes características de uma rede como um todo e de componentes dessa rede. Os artigos analisados nesta revisão utilizaram uma extensa variedade de métricas. Algumas delas se destacam por serem exploradas com maior frequência, como as medidas de grau (grau, grau de entrada, grau de saída e suas versões ponderadas), utilizadas em 38 dos 52 artigos. Também se destacam as diferentes medidas de centralidade (de grau, de proximidade, harmônica, de intermediação, de autovetor, de Bonacich), que foram analisadas em 18 estudos, e também a densidade, que foi explorada em 18 pesquisas. As medidas individuais, como as de grau e de centralidade, são utilizadas em estudos que investigam relações com características individuais, como aspectos sociais (Grunspan *et al.*, 2016; Brown, 2019) e psicológicos (Dou *et al.*, 2016; Dou; Zwolak, 2019; Turetsky *et al.*, 2020), performance (Pulgar; Candia; Leonardi, 2020; Williams *et al.*, 2015) e persistência (Zwolak *et al.*, 2017; Zwolak; Brewe, 2015). Já a densidade é mais explorada em

pesquisas que têm como objetivo analisar a rede de forma holística, como nas que comparam metodologias de ensino ativas e tradicionais (Brewer; Kramer; O'Brien, 2010; Sundstrom *et al.*, 2022), ou nas que avaliam resultados da participação em comunidades/organizações (Berhan *et al.*, 2019).

Identificamos, assim, que há tendências na maneira como são realizadas pesquisas que utilizam ARS para investigar a interação de estudantes universitários em áreas STEM: (i) questionários como instrumentos de coleta de dados; (ii) linguagem de programação R como ferramenta para calcular métricas; e (iii) medidas de graus, centralidades e densidade como as mais recorrentes para caracterização das redes sociais de estudantes. Apesar dessas características prevaletentes nos trabalhos, há variedades de instrumentos, *softwares* e métricas, possibilitando investigações com diferentes objetivos e que contribuem com respostas para diversas questões de pesquisa.

III.3 Quais são os principais temas investigados por estudos que utilizam ARS para estudar interações entre estudantes universitários no ambiente acadêmico nas áreas STEM?

Assim como descrito na seção anterior, no que diz respeito a metodologias utilizadas para coleta e análise de dados, também há uma ampla variedade de objetivos e resultados que podem ser atingidos em pesquisas sobre interações entre estudantes utilizando ARS. A Tabela 1 sintetiza as informações obtidas.

Tabela 1 – Temas gerais investigados nos estudos analisados, com destaque aos objetivos de pesquisa e resultados encontrados.

Temas	Objetivos	Resultados
Diferenças nas estruturas e características das redes ao longo do tempo e em diferentes ambientes e contextos	Analisar interações de aprendizagem fora da sala de aula	- Diferenças entre redes social/acadêmica, dentro e fora da sala de aula, conversas informais/acadêmicas.
	Avaliar se cursar disciplinas com os mesmos colegas influencia no sucesso acadêmico	- Com o passar dos anos, as relações entre estudantes vão enfraquecendo. - Rede se torna estável com o passar do semestre. - Estudantes interagem mais com colegas do seu grupo de trabalho do que de outros grupos.
	Avaliar diferenças entre tipos de redes (acadêmicas e sociais)	- Comunidades/organizações extraclasse são importantes para fomentar interações. - As conexões que se formam entre os estudantes não surgem aleatoriamente, dependem de fatores contextuais. - Estudantes têm mais interações acadêmicas com colegas do mesmo ano e do mesmo curso. - Qualidade das interações é mais importante do

		que a quantidade.
Relações entre integração, características sociais e construtos psicológicos	Avaliar a relação entre a integração dos estudantes e construtos psicológicos, marcadores de sucesso, interesse por física	- Existem correlações entre integração/métricas e construtos psicológicos (autoeficácia; mentalidade de crescimento, autossuficiência, senso de pertencimento, ansiedade, interesse por física/ciências, afirmação de valores).
	Explorar a influência de características sociais (e.g. raça e gênero) na integração	- Diferenças nas métricas por gênero e raça. - Persistência se relaciona com a aprovação/desaprovação de pessoas significativas. - Reconhecimento pelos colegas depende da expressividade.
Relações entre integração, performance acadêmica e persistência	Investigar relações entre integração e performance	- Persistência se relaciona com a performance. - Persistência se relaciona com integração/métricas da rede.
	Investigar a influência das interações entre estudantes na evasão/persistência, retenção	- Integração/Métricas da rede se relacionam positivamente com a performance. - Há relação entre a nota do estudante e as notas dos seus amigos.
Impacto de metodologias, intervenções e participação na integração estudantil	Evidenciar diferenças na integração dos estudantes em função da metodologia de ensino usada em sala de aula	- Auxiliar os colegas nas tarefas se relaciona com a performance. - Aulas não tradicionais / com metodologias ativas / problemas abertos resultaram em mais integração/interação.
	Analisar fatores que influenciam a formação / evolução das redes	- Participação em atividades influencia na integração.
	Impacto de intervenções nas redes dos estudantes	- A performance é influenciada de maneira distinta pela integração em aulas expositivas e laboratórios.

III.3.1 Diferenças nas estruturas e características das redes ao longo do tempo e em diferentes ambientes e contextos

Essa categoria agrupa trabalhos que investigaram interações entre estudantes em espaços diversos além da sala de aula, o impacto do tempo na evolução das redes e também características estruturais das redes.

Diferentes espaços dentro da universidade podem auxiliar no desenvolvimento e no fortalecimento de relações entre estudantes que apenas a sala de aula tradicional poderia não ser capaz de proporcionar. Um claro exemplo encontrado nesta revisão são os programas de verão, investigados nos trabalhos Boda *et al.* (2020), Hass *et al.* (2018), Pomian *et al.* (2017) e Salzman *et al.* (2020). Esses programas foram desenvolvidos como um suporte para calouros, que participam de atividades na universidade antes de iniciarem seu primeiro semestre letivo. Em Salzman *et al.* (2020), por exemplo, apesar de os autores identificarem que as relações que surgiram no programa de verão foram enfraquecendo com o passar dos semestres, os calouros

que participaram do programa se mostraram mais conectados aos seus colegas do que aqueles que não participaram. Isso indica que essas primeiras conexões entre estudantes podem não durar para sempre, mas são importantes para que haja uma melhor adaptação do calouro ao ambiente universitário, para que ele se sinta melhor acolhido.

Outros espaços de estudos da universidade, como um Centro de Estudos de Física (Brewer; Kramer; Sawtelle, 2012) e laboratórios de ensino (Han; Oh; Kang, 2022), também se mostraram relevantes para que os estudantes pudessem obter resultados positivos. No caso de Brewer, Kramer e Sawtelle (2012), os autores argumentam que, para promover a persistência dos estudantes, “*os departamentos de física poderiam tomar medidas ativas para oferecer caminhos e acesso à participação em uma comunidade de aprendizagem*” (p. 8, tradução nossa). Já Han, Oh e Kang (2022) encontraram resultados que indicam a importância de compartilhar conhecimento para o desempenho de aprendizagem dos estudantes. Assim, embora haja a possibilidade de estudantes desenvolverem habilidades de estudo em grupo – e se beneficiarem de seus resultados – em uma sala de aula tradicional, proporcionar essas experiências em outros ambientes em que essas interações são a base para a aprendizagem parece ser um complemento importante às relações que são construídas em sala de aula.

Nesta categoria também foram incluídos estudos que avaliaram diferenças entre interações entre estudantes que chamamos de acadêmicas e sociais, ou seja, aquelas interações que são e que não são, respectivamente, decorrentes de assuntos formalmente relacionados com estudos na universidade (Forsman; Moll; Linder, 2014; Pomian *et al.*, 2017; Stadtfeld *et al.*, 2019). Os três estudos mostraram haver diferenças nas redes acadêmicas e sociais, isto é, os estudantes não se relacionam com as mesmas pessoas para falar sobre assuntos acadêmicos e não acadêmicos; além disso, resultados acadêmicos positivos, como bons resultados em avaliações ou persistência, não foram associados apenas às redes de interações acadêmicas, mas também às de interações sociais. Por esse motivo, Forsman, Moll e Linder (2014) sugerem que “*pesquisadores, educadores e formuladores de políticas devem não apenas considerar aspectos cruciais do ambiente acadêmico, mas também empregar o mesmo nível de rigor metodológico ao tratar da dimensão social do processo de aprendizagem*” (p. 11, tradução nossa).

III.3.2 Relações entre integração, características sociais e construtos psicológicos

Essa categoria inclui trabalhos que estudam como as interações entre os estudantes influenciam ou são influenciadas por construtos psicológicos e características sociais.

Aprendizagem – traduzida por meio da performance – e persistência são identificadas com frequência como resultados positivos das interações entre estudantes. A próxima categoria que detalharemos trata disso. Contudo, diversos pesquisadores se dedicaram também a estudar elementos do ambiente educacional que podem intermediar essa relação, além de proporcionar maior bem-estar e motivação aos estudantes. É o caso dos estudos que investigam como as interações no ambiente acadêmico podem impactar diversos construtos psicológicos.

Dentre estes construtos avaliados, citamos: autoeficácia (Dou; Brewe, 2014; Dou *et al.*, 2016; Dou *et al.*, 2018; Zander *et al.*, 2019); mentalidade de crescimento (Zander *et al.*, 2019); marcadores de sucesso como atitudes em relação ao aprendizado de física, conexões estabelecidas dentro da sala de aula de física e relacionamentos na ampla comunidade de aprendizagem de física (Goertzen; Brewe; Kramer, 2013), senso de pertencimento (Benbow; Lee, 2022; Salzman *et al.*, 2020); confiança nos colegas (Grunspan *et al.*, 2016); níveis de ansiedade (Dou; Zwolak, 2019); interesse por física e ciências em geral (Dou *et al.*, 2018); afirmação de valores (Turetsky *et al.*, 2020). Alguns desses construtos são elementos de conhecidas teorias psicológicas, como a Teoria Social Cognitiva de Albert Bandura (Bandura, 1986), Teoria da Mentalidade de Crescimento de Carol Dweck (Dweck, 2007) e Teoria da Autoafirmação de Claude Steele (Steele, 1988). Outros estão relacionados com comportamentos, atitudes e percepções dos estudantes sobre aspectos do ambiente acadêmico.

Mais uma vez, essa variedade mostra como a ARS é uma metodologia versátil para investigar as interações entre estudantes, bem como demonstra que essas relações implicam efeitos que vão além da performance. Almejando uma educação que não se restringe apenas a desempenho, reunimos algumas evidências de diferentes dimensões da vida acadêmica que são impactadas pelas conexões estabelecidas entre estudantes.

No entanto, nem sempre todos têm as mesmas oportunidades de se relacionar com seus pares. Por esse motivo, diversos estudos identificaram a influência de características sociais – especialmente gênero e raça – no padrão de interações dos estudantes. Dos 52 estudos analisados, 19 avaliaram a influência de pelo menos alguma característica social nas interações entre os estudantes.

Diversos destes estudos não encontraram associação significativa entre características sociais e métricas analisadas das redes, como Alcock *et al.* (2020), Brewe, Kramer e Sawtelle (2012), Hass *et al.* (2018), Ramsey *et al.* (2023), Stadtfeld *et al.* (2019), Sundstrom e Kageorge (2024), Turetsky *et al.* (2020), Zwolak e Brewe (2015), Zwolak *et al.* (2017), Zwolak, Zwolak e Brewe (2018). Isso significa que, nesses contextos, não houve diferenças nas interações entre estudantes por conta de seu gênero, raça/etnia ou status socioeconômico. O estudo Hass *et al.* (2018), inclusive, analisou um grupo de estudantes surdos ou com deficiência auditiva, e não encontrou diferenças nas interações quando comparado com estudantes ouvintes.

Contudo, essa não é a realidade para todas as pesquisas. Alguns estudos encontraram diferenças na interação entre os estudantes por gênero (Brown, 2019; Grunspan *et al.*, 2016; Han; Oh; Kang, 2022; Jeffrey *et al.*, 2022; Reinholz, 2017; Simpfendoerfer *et al.*, 2024; Williams *et al.*, 2015), raça/etnia (Berhan *et al.*, 2019; Reinholz, 2017; Salzman *et al.*, 2020) e status socioeconômico (Jeffrey *et al.*, 2022). Entretanto, é importante ressaltar que, ao contrário do que se poderia imaginar, não são sempre os grupos sociais sub-representados que apresentam redes com menos interações. Por exemplo, em Reinholz (2017), o autor encontrou que “as redes extraclasse revelam que estudantes afro-americanos, asiáticos e hispânicos eram os mais conectados” (p. 532, tradução nossa), porém “os maiores níveis de reconhecimento como

contribuidores foram atribuídos a estudantes asiáticos e brancos, o que é consistente com narrativas raciais nos Estados Unidos” (p. 532, tradução nossa). Já em Berhan *et al.* (2019) e Salzman *et al.* (2020), não foram encontrados resultados que indicam que raças/etnias minoritárias se relacionam menos com seus colegas, mas sim que evidenciam a importância da representatividade no ambiente universitário. Em Salzman *et al.* (2020), as redes apresentam uma elevada homofilia, isto é, os estudantes se relacionam com colegas cujas características são semelhantes às suas, de modo que *“observamos o que parecem ser redes distintas e separadas entre estudantes de grupos sub-representados e estudantes que não pertencem a esses grupos”* (p. 8, tradução nossa). Em Berhan *et al.* (2019), os autores identificaram que *“organizações de engenharia destinadas a estudantes pretos [...] foram de importância crucial para a conexão e o senso de pertencimento dos estudantes”* (p. 6, tradução nossa), apesar de as redes de estudantes de engenharia afro-americanos de uma universidade historicamente preta serem mais densas que as redes de uma instituição predominantemente branca.

O mesmo fenômeno pode ser observado nas diferenças por gênero em alguns trabalhos. Em Jeffrey *et al.* (2022), Simpfendorfer *et al.* (2024) e Williams *et al.* (2015), os autores encontraram que as meninas apresentaram maior grau que os meninos, indicando interações com um maior número de colegas. Todavia, também há exemplares de estudos em que os meninos se encontram em posições mais favoráveis que as meninas nas redes sociais investigadas. Em Reinholz (2017), por exemplo, os meninos apresentaram maior grau que as meninas em três das quatro redes analisadas. Em Han, Oh e Kang (2022), os autores identificaram que as redes apresentaram elevada homofilia para gênero, ou seja, meninos se relacionam mais com meninos e meninas se relacionam mais com meninas.

Dois estudos se destacam por apresentarem resultados mais profundos sobre o tema. Em Brown (2019), o autor identificou que os homens são mais centrais nos grupos, interagindo especialmente com outros homens. Enquanto isso, as mulheres ocupam lugares mais periféricos nos grupos, tendendo a desempenhar um papel de ligação. Elas obtiveram valores consideravelmente mais altos para centralidade de intermediação, ficando responsáveis pela conexão entre diferentes grupos. Já Grunspan *et al.* (2016), que tinham como objetivo principal investigar como o gênero influencia na confiança que os estudantes têm no conhecimento de biologia de seus colegas, identificaram que os meninos foram consistentemente mais citados como tendo *“bom entendimento do conteúdo da aula”* (p. 2, tradução nossa) do que as meninas em todos os questionários. Meninos também apresentaram um viés significativo para citar outros colegas meninos. Os autores chegaram a uma conclusão lastimável, mas não surpreendente: *“estudantes do sexo feminino que obtêm notas altas e se expressam abertamente nunca alcançam o mesmo status de celebridade que seus colegas do sexo masculino. Parece que ser homem é um pré-requisito para que os estudantes alcancem esse status de celebridade nessas salas de aula”* (p. 9, tradução nossa).

Esses resultados nos indicam que partir da premissa que mulheres e grupos sub-representados apresentam menores medidas de interações com seus colegas é equivocado.

Porém, também não é possível ignorar que essas diferenças ocorrem em alguns contextos. Nesse sentido, é aconselhável que cada instituição investigue sua realidade a fim de identificar possíveis diferenças e segregações que ocorrem em seu tecido social. Evidenciar essas diferenças é fundamental para que se possa dirigir ações a grupos específicos que necessitem de maior apoio dos professores e da instituição para tornar o ambiente acadêmico mais acolhedor para todos igualmente.

III.3.3 Relações entre integração, performance acadêmica e persistência

Essa categoria abrange artigos com pesquisas sobre como as interações entre os estudantes podem impactar o desempenho em avaliações e a persistência em seus estudos. Esse é o tema mais investigado quando se trata de utilizar ARS para investigar interações entre estudantes universitários nas áreas STEM. Dos 52 trabalhos analisados, 16 buscaram relações entre integração e performance, enquanto 11 estudaram como as interações influenciam a evasão, persistência ou retenção dos estudantes.

Dos 16 estudos que investigaram relações entre integração dos estudantes e performance, 13 (Bruun; Brewe, 2013; Crespo; Antunes, 2015; Crossette; Carr; Wilcox, 2023; Han; Oh; Kang, 2022; Ramsey *et al.*, 2023; Reinholz, 2017; Simpfendoerfer *et al.*, 2024; Stadtfeld *et al.*, 2019; Vargas *et al.*, 2018; Williams *et al.*, 2015; Williams *et al.*, 2017; Williams *et al.*, 2019; Yang *et al.*, 2014) encontraram correlações positivas. Isso significa que, em geral, podemos afirmar que estudantes que interagem mais com seus colegas obtêm melhores desempenhos nas avaliações. Esses estudos chegam a essas conclusões associando alguma(s) medida(s) de grau e/ou centralidade a notas em algum teste/trabalho específico, ou, o que é mais comum, à nota final do semestre. Os outros três estudos não focaram nessas relações, investigando: a relação entre a nota final de um estudante e as notas dos seus amigos, que foi estatisticamente significativa (Fire *et al.*, 2012); as relações entre interações entre colegas e hábitos de estudo, e posteriormente hábitos de estudo e performance, o que não foi identificado com os dados (Alcock *et al.*, 2020); e a correlação negativa entre métricas da rede e notas (Pulgar; Candia; Leonardi, 2020). Esse último estudo pode parecer contraditório em comparação com os outros 13, mas, de fato, ele apenas requer um olhar mais atento à construção da rede. Em Pulgar, Candia e Leonardi (2020), os autores construíram uma rede de colaboração entre os estudantes, perguntando por quais colegas eles procuravam para solicitar auxílio na resolução de problemas. Os estudantes com maiores notas costumam ter os menores valores de grau de saída, pois citam menos colegas (buscam menos ajuda), enquanto os estudantes com menores notas apresentam os maiores graus de saída, pois citam mais colegas (buscam mais ajuda).

No que diz respeito a persistência, evasão ou retenção, das 11 pesquisas que investigaram o impacto das interações na continuidade dos estudos, 9 (Assis *et al.*, 2022; Huerta-Manzanilla; Ohland; Long, 2013; Huerta-Manzanilla; Ohland; Peniche-Vera, 2021; Powazny; Kauffeld, 2021; Ramsey *et al.*, 2023; Turetsky *et al.*, 2020; Zwolak; Brewe, 2015;

Zwolak *et al.*, 2017; Zwolak; Zwolak; Brewe, 2018) encontraram correlações positivas. Além disso, um estudo que não tinha especificamente o objetivo de relacionar integração e persistência identificou em uma entrevista a importância de se sentir parte de uma comunidade para a diminuição da probabilidade de desistir da disciplina ou até mesmo do curso (Goertzen; Brewe; Kramer, 2013). Os artigos de Ramsey *et al.* (2023), Turetsky *et al.* (2020), Zwolak e Brewe (2015), Zwolak *et al.* (2017) e Zwolak, Zwolak e Brewe (2018) encontraram associações positivas entre medidas de grau e/ou centralidade e a persistência. Já Huerta-Manzanilla, Ohland e Long (2013) relacionaram a reciprocidade entre díades com a persistência, enquanto Huerta-Manzanilla, Ohland e Peniche-Vera (2021) identificaram que redes mais densas favorecem a persistência dos estudantes. Por outro lado, dois estudos investigaram fatores que poderiam motivar a evasão dos alunos. Assis *et al.* (2022) identificaram que o isolamento na rede aumenta a probabilidade de evasão, enquanto Powazny e Kauffeld (2021) evidenciaram o impacto da desaprovação de pessoas influentes na intenção de evadir.

Assim como para a performance, a integração dos estudantes, mensurada a partir das interações que eles estabelecem com colegas, se mostra fundamental para a persistência na trajetória acadêmica. De forma simétrica, quando os estudantes não são capazes de construir e manter conexões com os pares, ou quando essas conexões apresentam aspectos negativos, há uma maior probabilidade de o indivíduo decidir pela evasão. Assim, é possível concluir que as interações sociais se mostram essenciais não apenas para o melhor desempenho acadêmico em uma avaliação ou disciplina, mas também são determinantes para que o estudante possa traçar uma trajetória de sucesso ao longo de todo o curso de graduação.

III.3.4 Impacto de metodologias, intervenções e participação na integração estudantil

Essa categoria engloba artigos com o objetivo de identificar como as interações entre os estudantes são influenciadas pelas metodologias utilizadas em sala de aula e por intervenções propostas por professores ou instituições. Também são analisados fatores que impactaram a formação/evolução das redes.

Dos 52 artigos analisados, 9 avaliaram diferenças na integração dos estudantes a depender da metodologia usada em sala de aula ou do tipo de disciplina. Brewe, Kramer e O'Brien (2010) e Yang *et al.* (2014) identificaram que, enquanto na turma em que era utilizada uma metodologia ativa todos os estudantes estavam inseridos na rede social, na turma que utilizava metodologia expositiva muitos estudantes estavam isolados, excluídos da rede social. Também identificaram que, nas turmas com metodologias ativas, há um crescimento no número de conexões entre os estudantes com o passar do semestre, enquanto isso não acontece nas turmas com metodologia expositiva. Commeford, Brewe e Traxler (2021) e Traxler *et al.* (2020) analisaram diversas metodologias ativas, e concluíram que todas elas levam a um aumento no número de interações entre os estudantes. Entretanto, a metodologia que se destacou pelo aumento significativo foi *Modeling Instruction*. Já Reinholz (2017) e Sundstrom *et al.* (2022), de forma semelhante ao exposto em Brewe, Kramer e O'Brien (2010) e Yang *et al.* (2014),

encontraram mais conexões entre estudantes em turmas com metodologias ativas em comparação com metodologias tradicionais. Pulgar, Rios e Candia (2019) e Pulgar, Candia e Leonardi (2020) investigaram os resultados da implementação de atividades que envolviam resolução de problemas abertos, e encontraram evidências de que essa metodologia favorece a interação entre os estudantes, visto que eles precisam exercitar a criatividade e a socialização de informações (Pulgar; Candia; Leonardi, 2020). Por fim, Simpfendoerfer *et al.* (2024) não avaliaram diferenças no número de interações entre estudantes, mas sim o motivo pelo qual interagiam em turmas expositivas e de laboratório; os autores indicam que, nas turmas de laboratório, os trabalhos em pequenos grupos motivaram a maior parte das interações, enquanto nas turmas expositivas, a maior parte das interações ocorreu motivada pelo dever de casa. Em síntese, há evidências de que metodologias ativas favorecem a formação de conexões entre estudantes em comparação com metodologias tradicionais. Considerando os benefícios associados a um maior número de interações, como discutido em seções anteriores, esses resultados reforçam a importância da adoção de metodologias ativas no contexto educacional.

Além das metodologias utilizadas pelos professores, também há estudos que investigam a influência de outras ações ou intervenções promovidas pelos docentes ou pelas instituições como um todo. Algumas dessas intervenções consistiam em: comunidade de aprendizagem (Jeffrey *et al.*, 2022); *software* para sugerir solicitar/oferecer ajuda aos colegas (Olivares *et al.*, 2019); atividade de afirmação de valores (Turetsky *et al.*, 2020). Nas três pesquisas foi possível identificar que os estudantes que participaram das intervenções interagiram mais com os colegas em comparação com os estudantes que não participaram. Esses estudos oferecem subsídios para pesquisadores e professores que buscam estratégias para fomentar o número de interações entre seus alunos.

Outros trabalhos também identificaram diversos fatores que influenciaram de alguma maneira na formação e/ou na evolução da rede. Além de aspectos que já foram citados anteriormente, como características sociais, metodologias utilizadas em sala de aula e participação em ambientes extraclasse, também foram identificadas referências ao impacto nas interações entre estudantes da: disposição física da sala de aula (Commeford; Brewe; Traxler, 2021; Wolf *et al.*, 2022); formação dos grupos e parceiros de trabalho (Alcock *et al.*, 2020; Boda *et al.*, 2020; Fire *et al.*, 2012; Han; Oh; Kang, 2022; Walsh; Kushaliev; Holmes, 2020; Wells, 2019; Wolf *et al.*, 2022); etapa do curso (Alcock *et al.*, 2020; Assis *et al.*, 2022; Han; Oh; Kang, 2022; Salzman *et al.*, 2020); e participação nas atividades (Brewe; Kramer; Sawtelle 2012; Sundstrom; Kageorge, 2024). Isso indica que favorecer ou prejudicar as interações em sala de aula envolve diversos fatores, e alguns deles são bastante simples. Ao estruturar a sala de aula de forma que os estudantes sentem em conjunto para estudarem colaborativamente, organizar grupos de trabalho para que os estudantes interajam com colegas diferentes a cada tarefa e estimular a participação dos alunos em sala de aula fomenta o desenvolvimento de relações que poderiam não acontecer espontaneamente. No entanto, em uma sala de aula em que os estudantes se encontram dispostos em fileiras, realizam majoritariamente trabalhos e

avaliações individuais e, quando precisam formar grupos de trabalho, o fazem sempre com os mesmos colegas, sendo desencorajados a participar ativamente da aula, a construção de uma rede densa e diversificada na turma se torna uma tarefa bastante improvável.

Assim, essa categoria nos possibilita concluir que as interações entre estudantes são impactadas por ações dos professores e das instituições de forma significativa e de diversas maneiras. Isso é positivo, pois permite que ações sejam desenvolvidas e implementadas com o objetivo de estimular o surgimento de novas conexões e o fortalecimento daquelas que já existem. Contudo, é possível, e até mesmo provável, que parte dos professores e das instituições não tenham conhecimento sobre a importância das relações entre estudantes para diversos resultados positivos na vida acadêmica e do poder que eles têm para que esse cenário favorável seja construído. Por isso, essa revisão pode indicar, corroborada por diferentes estudos, que o fomento às interações entre estudantes pode ser realizado com ações simples ou complexas, e proporciona respostas bastante positivas em diferentes âmbitos da trajetória universitária dos estudantes.

III.3.5 Síntese

Os resultados desta revisão evidenciam que a integração estudantil ocupa uma posição central na trajetória dos estudantes na universidade. Ela influencia e é influenciada pelas estruturas de redes, por características sociais e construtos psicológicos, pelo desempenho acadêmico e persistência, bem como pelas metodologias e intervenções pedagógicas adotadas pelos professores. Essa “rede” de influências pode ser representada pela Fig. 2.

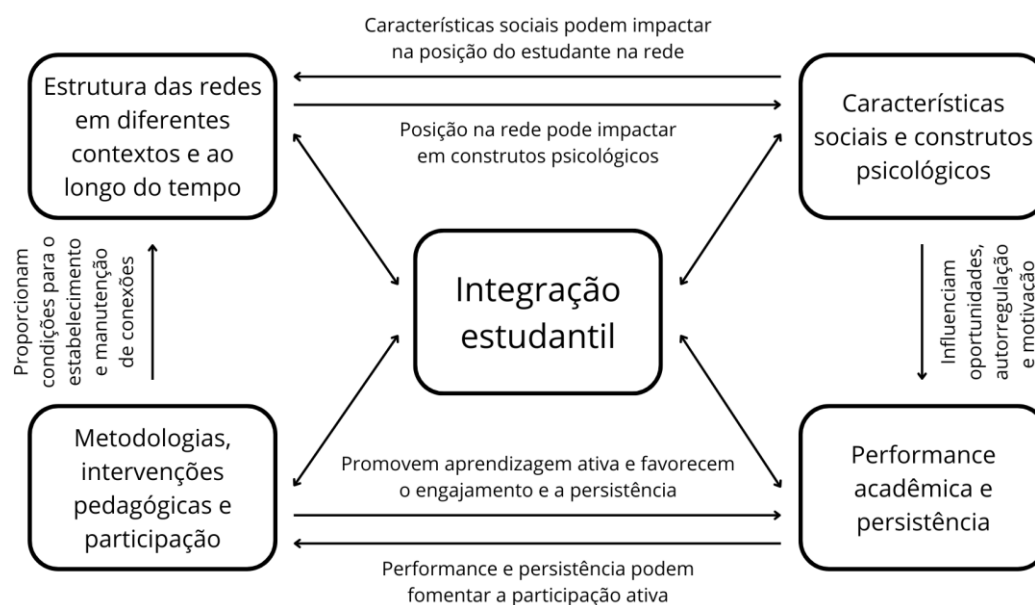


Fig. 2 – Rede de relações entre integração estudantil e os quatro temas emergentes da análise.

Esses quatro eixos se articulam de maneira dinâmica, estabelecendo relações não apenas com a integração, mas também entre si. Práticas pedagógicas moldam oportunidades de interação e participação; a configuração das redes e as experiências de pertencimento e apoio influenciam o desenvolvimento de construtos psicológicos relevantes; esses fatores, por sua vez, além de poder modificar a posição do estudante na rede, repercutem no engajamento, no desempenho e na persistência; e o sucesso acadêmico tende a retroalimentar a integração e a participação em redes. Essas interconexões reforçam a compreensão de que processos sociais, psicológicos, pedagógicos e acadêmicos não operam de forma isolada. Assim, conforme ilustrado na Fig. 2, a integração emerge como o elemento articulador de um sistema interdependente, no qual fatores estruturais, subjetivos e institucionais se influenciam reciprocamente ao longo da trajetória universitária.

IV. Considerações Finais

Investigamos nesta revisão da literatura como e com quais objetivos a metodologia de Análise de Redes Sociais tem sido utilizada em pesquisas sobre integração de estudantes universitários em ambientes acadêmicos nas áreas STEM. Após a seleção e a análise de 52 artigos, respondemos às três questões de pesquisa: (i) Qual é o perfil da produção acadêmica que utiliza ARS para estudar interações entre estudantes universitários no ambiente acadêmico nas áreas STEM? (ii) Como os estudos que utilizam ARS para estudar interações entre estudantes universitários no ambiente acadêmico nas áreas STEM são realizados? (iii) Quais são os principais temas investigados por estudos que utilizam ARS para estudar interações entre estudantes universitários no ambiente acadêmico nas áreas STEM?

Sobre o perfil da produção acadêmica, identificamos que a ARS ainda é uma metodologia de pesquisa recente na área de ensino de STEM, com o artigo mais antigo publicado em 2010, mas com um aumento das publicações em 2017. A expressiva maioria das pesquisas foi desenvolvida nos Estados Unidos, e todos os textos foram redigidos em língua inglesa, mesmo quando os estudos foram realizados em países cujo idioma oficial não é o inglês. Mais da metade das pesquisas foram realizadas em disciplinas de física, embora também haja estudos em disciplinas de química, biologia, matemática, programação, e também fora do espaço formal da sala de aula. Por fim, vale destacar a ausência de referencial teórico em quase metade dos artigos analisados; dentre aqueles que explicitaram um referencial, houve escolhas mais frequentes pela Teoria Social Cognitiva e por modelos de evasão/persistência.

Sobre a coleta e análise de dados, fica evidente a variedade de métodos utilizados. Embora haja uma preferência pelo uso de questionários como instrumento de coleta de dados e a linguagem de programação R para análise desses dados, existem diversas outras possibilidades. Como instrumento de coleta, além dos questionários, foram utilizadas observações, gravações de vídeo, entrevistas, análises de bancos de dados das universidades, percepções dos professores e atividades em sala de aula. Já para a análise dos dados, os pesquisadores também recorreram à linguagem Python e aos *softwares* Ucinet, Pajek, Gephi e

Negopy, além de pesquisas com análises descritivas e com contagem de interações. As métricas mais utilizadas foram graus e centralidades para medidas individuais e densidade para medidas globais; porém, também há uma grande variedade de métricas utilizadas, expondo diferentes possibilidades de análises possíveis. Assim, esses resultados indicam que, apesar da frequente opção dos pesquisadores por questionários e linguagem R, a ARS é uma metodologia bastante versátil e com diversas potencialidades de estudos, podendo ser empregada para responder a diferentes questões de pesquisa.

Por fim, sobre os temas investigados, novamente é notória a versatilidade que a ARS proporciona às pesquisas. Embora tenhamos condensado os temas em quatro categorias por motivos de síntese, o Quadro 1 evidencia a diversidade de objetivos de pesquisa e resultados obtidos a partir do uso da ARS em investigações sobre interações de estudantes nas áreas STEM. As quatro categorias definidas – (i) Diferenças nas estruturas e características das redes ao longo do tempo e em diferentes ambientes e contextos; (ii) Relações entre integração, características sociais e construtos psicológicos; (iii) Relações entre integração, performance acadêmica e persistência; (iv) Impacto de metodologias, intervenções e participação na integração estudantil – mostram que as interações influenciam e são influenciadas por diversos fatores, revelando uma ampla gama de possibilidades de pesquisas e, conseqüentemente, de implicações na vida acadêmica dos estudantes.

Em suma, conclui-se que os objetivos e as questões de pesquisa, os métodos empregados e os resultados encontrados são bastante diversos, indicando que a ARS pode ser uma metodologia utilizada para investigar diferentes aspectos das interações entre estudantes no ambiente universitário. Identificamos, portanto, que independente das relações que se deseja estabelecer com as conexões entre pessoas, a utilização da Análise de Redes Sociais pode ser um caminho interessante.

Um ponto que merece destaque nesta revisão é a ausência de referencial teórico em parte significativa dos artigos analisados (25 de 52). Como explicitamos na introdução deste artigo, diversas teorias de áreas como Psicologia, Sociologia e Educação podem servir como base e fundamentar teoricamente as análises que têm origem nas métricas e estatísticas da ARS. Embora tenhamos diversas teorias que apontam para as interações sociais como fundamentais para diferentes aspectos da vida humana, elas foram pouco mobilizadas na interpretação dos dados nas pesquisas sobre interações entre estudantes usando ARS. A adoção de um referencial teórico que considere a relevância das conexões entre as pessoas poderia contribuir para a construção de conclusões mais sofisticadas nas pesquisas realizadas, que ultrapassem a barreira apenas das correlações estatísticas.

Outra lacuna que encontramos foi a pequena quantidade de estudos realizados fora dos Estados Unidos. Especialmente se olharmos para o nosso contexto, encontramos poucas pesquisas que ocorreram na América Latina: apenas duas no Chile (Pulgar; Rios; Candia, 2019; Pulgar; Candia; Leonardi, 2020) e uma no Brasil (Assis *et al.*, 2022). Isso pode limitar as generalizações desses estudos, tendo em vista as diferenças contextuais que existem entre o

ensino superior de cada país. Podemos citar também a quase inexistência de estudos que acompanhem os estudantes por mais do que o tempo de uma disciplina. Estudos longitudinais, que investiguem diferenças ao longo dos anos da graduação, poderiam trazer resultados interessantes sobre como as redes evoluem conforme os estudantes progridem em seus cursos.

Um aspecto importante que emerge da análise diz respeito ao impacto de características sociais nas interações entre os estudantes. Esperávamos encontrar mais artigos cujos resultados apontassem diferenças em termos de raça/etnia, gênero e status socioeconômico; entretanto, como descrito na seção anterior, dos artigos que analisaram características sociais, mais da metade (10 de 19) não encontrou nenhuma diferença nas interações sociais em termos dessas características. Somado a isso, dentre os artigos que encontraram diferenças, há casos em que os grupos costumeiramente sub-representados são os que apresentam maiores métricas de interações de acordo com a ARS.

Esse resultado conduz à conclusão de que não é possível assumir, *a priori*, que determinados grupos sociais estarão nas margens das redes sociais nas universidades/cursos investigados. Não é possível, também, se basear apenas na literatura para fazer tais afirmações, pois temos configurações de redes específicas em cada contexto particular, que tanto podem não ser impactadas por características sociais, como podem sofrer influência de forma positiva ou negativa. Por esse motivo, o cenário ideal é que cada instituição avalie seu próprio contexto de maneira individualizada, de forma que o diagnóstico a respeito das redes de estudantes seja o mais fiel possível à realidade daquele ambiente, e que eventuais ações planejadas a partir dessa avaliação sejam bem direcionadas às particularidades locais, e não baseadas em conjunturas externas.

Em termos de evasão/persistência, Tinto (1993) já ressaltava que apenas estudos específicos em cada instituição poderiam dar uma visão real do contexto investigado:

A questão aqui é bastante simples: as taxas institucionais de evasão refletem necessariamente as características e circunstâncias específicas de cada instituição. Embora o compartilhamento de atributos em comum — como ser uma instituição de quatro anos e ter um certo nível de seletividade — possa sugerir similaridade nas circunstâncias, apenas estudos específicos de cada instituição podem oferecer insights sobre os fatores que levam a uma determinada taxa de evasão em uma instituição particular (Tinto, 1993, p. 22, tradução nossa).

Não encontramos indícios de diferenças, da mesma maneira, para outros aspectos investigados em sala de aula; assim, mesmo que estudos anteriores disponíveis na literatura sejam importantes para “reconhecer o terreno”, apenas uma pesquisa aprofundada no próprio contexto pode fornecer informações particulares e específicas sobre o panorama naquela instituição. Nesse sentido, reforçamos a importância de que instituições interessadas em fomentar a integração de seus estudantes realizem estudos próprios a fim de identificar características das redes de conexão dos seus estudantes em particular. Esse processo de diagnóstico é o primeiro passo, que permite delinear e implementar ações melhor direcionadas

ao público alvo. Apesar dessa individualidade, algumas ideias que podem servir de inspiração são: estratégias que fomentem o senso de pertencimento de estudantes sub-representados; espaços colaborativos para o desenvolvimento de grupos de estudo; programas de mentoria e acolhimento para calouros; utilização de metodologias ativas de aprendizagem que promovam o trabalho em grupo; criação de comunidades de aprendizagem que permitam que os estudantes cursem juntos as mesmas disciplinas, entre outras.

Dentre as limitações deste estudo, podemos citar a seleção de artigos na plataforma Google Acadêmico, que por nos fornecer um número grande de referências, nos impossibilita de analisar por completo os resultados da busca. Dessa forma, para tornar a análise possível, foi necessário estabelecer um número de corte na primeira etapa da seleção. Devemos destacar também que, embora tenhamos usado descritores em inglês para realizar a busca, isso não deveria ser um problema, já que artigos em outros idiomas, em geral, têm seu título e resumo traduzidos para a língua inglesa. Ainda assim, encontramos poucos textos escritos em português e espanhol, e para a amostra final tivemos todos os artigos escritos em inglês.

Como perspectivas futuras, sugerimos o avanço de pesquisas que explorem a integração estudantil em diferentes contextos culturais, institucionais e disciplinares, especialmente fora do eixo estadunidense, ampliando a diversidade geográfica e epistemológica dos estudos com ARS em educação. Investigações longitudinais, que acompanhem a evolução das redes ao longo dos cursos de graduação, também podem oferecer compreensões mais profundas sobre os processos de formação, manutenção e transformação das conexões entre estudantes. Além disso, a combinação da ARS com abordagens qualitativas, como entrevistas, observações ou análise de discurso, pode enriquecer a interpretação dos dados, permitindo compreender não apenas como as interações ocorrem, mas também por que elas se estabelecem e se mantêm. Finalmente, o desenvolvimento de estudos orientados por referenciais teóricos robustos e que articulem dimensões sociais, cognitivas e afetivas da vida acadêmica representa um caminho promissor para consolidar a ARS como uma metodologia potente e interdisciplinar nas pesquisas sobre integração estudantil em áreas STEM.

Em síntese, essa revisão mostra que há maneiras mais costumeiras de realizar pesquisas em ambientes acadêmicos utilizando ARS, o que é um aspecto interessante de ser estudado principalmente por pesquisadores que estão ingressando nesta área de pesquisa, mas esta é uma metodologia muito versátil e abrangente, possibilitando investigações bastante variadas sobre interações entre atores. As contribuições que consideramos pertinentes para a área de pesquisa em ensino de STEM incluem o incentivo ao desenvolvimento de mais estudos orientados por referenciais teóricos, seja sobre interações sociais, seja sobre o que se pretende relacionar a elas, a fim de que os resultados e as conclusões possam ser mais sofisticados do que somente a identificação de correlações estatísticas; além disso, que as instituições e os pesquisadores interessados se dediquem à realização de estudos locais, tendo a literatura em vista, mas sem esquecer que as relações interpessoais e aspectos que influenciam e são influenciados por elas se mostraram dependentes do contexto investigado. Assim como em

observações astronômicas, em que o aumento da resolução requer a diminuição do campo de visão, investigações mais particulares, em instituições específicas, poderão aumentar o grau de resolução com o qual visualizamos de forma precisa uma realidade singular.

Agradecimento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências bibliográficas

BANDURA, A. **Social Foundations of Thought and Action: A Social Cognitive Theory**. Hoboken: Prentice Hall, 1986. 640 p.

BLUMER, H. **Symbolic interactionism: Perspective and method**. Oakland: University of California Press, 1986. 224 p.

BOTELHO, L.; CUNHA, C.; MACEDO, M. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. **Gestão e Sociedade**, v. 5, n. 11, p. 121-136, 2011.
<https://doi.org/10.21171/ges.v5i11.1220>

DECI, E. L.; RYAN, R. M. **Intrinsic motivation and self-determination in human behavior**. New York: Plenum Press, 1985. 372 p.

DWECK, C. S. **Mindset: The new psychology of success**. New York: Ballantine Books, 2007. 320 p.

ERIKSON, E. H. **Childhood and society**. New York: W. W. Norton, 1963. 445 p.

GIDDENS, A. **The constitution of society: Outline of the theory of structuration**. Oakland: University of California Press, 1984. 402 p.

GOFFMAN, E. **The Presentation of Self in Everyday Life**. New York: Doubleday, 1959. 251 p.

HOMANS, G. C. **Social behavior: Its elementary forms**. San Diego: Harcourt Brace, 1974. 352 p.

LINTON, R. **The study of man: an introduction**. New York: Appleton-Century-Crofts, 1936. 503 p.

LINTON, R. **The cultural background of personality**. New York: Appleton-Century-Crofts, 1945. 157 p.

MASLOW, A. H. A theory of human motivation. **Psychological Review**, v. 50, n. 4, p. 370-396, 1943. <https://doi.org/10.1037/h0054346>

OSHER, D. *et al.* Drivers of human development: How relationships and context shape learning and development 1. *In*: CANTOR, P.; OSHER, D. (Org.). **The science of learning and development**. New York: Routledge, 2021, cap. 2. p. 55-104.

SMITH, J. A.; MOODY, J. Structural effects of network sampling coverage I: Nodes missing at random. **Social Networks**, v. 35, n. 4, p. 652-668, 2013.
<https://doi.org/10.1016/j.socnet.2013.09.003>

STEELE, C. M. The Psychology of Self-Affirmation: Sustaining the Integrity of the Self. **Advances in Experimental Social Psychology**, v. 21, p. 261-302, 1988.
[https://doi.org/10.1016/S0065-2601\(08\)60229-4](https://doi.org/10.1016/S0065-2601(08)60229-4)

TINTO, V. (1993). **Leaving college**: Rethinking the causes and cures of student attrition. Chicago: University of Chicago Press, 1993. 312 p.

VYGOTSKY, L. S. **Thought and Language**. Cambridge: MIT Press, 1962. 168 p.

VYGOTSKY, L. S. **Mind in society**: The development of higher psychological processes. Cambridge: Harvard University Press, 1978. 159 p.

WASSERMAN, S.; FAUST, K. **Social network analysis**: Methods and applications. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. 857 p.

WENGER, E. **Communities of practice**: Learning, meaning, and identity. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. 336 p.

WERTSCH, J. V. **Vygotsky and the social formation of mind**. Cambridge: Harvard University Press, 1988. 280 p.

WERTSCH, J. V. **Voices of the mind**: A sociocultural approach to mediated action. Cambridge: Harvard University Press, 1991. 169 p.

Apêndice A - 52 artigos analisados na revisão de literatura

ALCOCK, L. *et al.* Study habits and attainment in undergraduate mathematics: A social network analysis. **Journal for Research in Mathematics Education**, v. 51, n. 1, p. 26-49, 2020. <https://doi.org/10.5951/jresematheduc.2019.0006>

ASSIS, B. D. S. D. *et al.* Frequent pattern mining augmented by social network parameters for measuring graduation and dropout time factors: A case study on a production engineering course. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 81, p. 101200, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2021.101200>

BENBOW, R. J.; LEE, Y. G. Exploring student service member/veteran social support and campus belonging in university STEM fields. **Journal of College Student Development**, v. 63, n. 6, p. 593-610, 2022. <https://doi.org/10.1353/csd.2022.0050>

BERHAN, L. M. *et al.* Social Networks Analysis of African American Engineering Students at a PWI and an HBCU—A Comparative Study. *In: ASEE ANNUAL CONFERENCE & EXPOSITION PROCEEDINGS*, 2019, Tampa. **Atas** [...]. Washington: ASEE, 2019. <https://doi.org/10.18260/1-2--32253>

BODA, Z. *et al.* Short-term and long-term effects of a social network intervention on friendships among university students. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 2889, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59594-z>

BREWE, E.; KRAMER, L. H.; O'BRIEN, G. E. Changing participation through formation of student learning communities. *In: AIP CONFERENCE PROCEEDINGS*, 2010, Madrid. **Atas** [...]. College Park: AIP, 2010. p. 85-88. <https://doi.org/10.1063/1.3515255>

BREWE, E.; KRAMER, L.; SAWTELLE, V. Investigating student communities with network analysis of interactions in a physics learning center. **Physical Review Special Topics Physics Education Research**, v. 8, n. 1, p. 010101, 2012. <https://doi.org/10.1063/1.3266688>

BROWN, M. The push and pull of social gravity: How peer relationships form around an undergraduate science lecture. **The Review of Higher Education**, v. 43, n. 2, p. 603-632, 2019. <https://doi.org/10.1353/rhe.2019.0112>

BRUUN, J.; BREWE, E. Talking and learning physics: Predicting future grades from network measures and Force Concept Inventory pretest scores. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 9, n. 2, p. 020109, 2013. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.9.020109>

COMMEFORD, K.; BREWE, E.; TRAXLER, A. Characterizing active learning environments in physics using network analysis and classroom observations. **Physical Review Physics Education Research**, v. 17, n. 2, p. 020136, 2021.

<https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.020136>

CRESPO, P. T.; ANTUNES, C. Predicting teamwork results from social network analysis. **Expert Systems**, v. 32, n. 2, p. 312-325, 2015. <https://doi.org/10.1111/exsy.12038>

CROSSETTE, N.; CARR, L. D.; WILCOX, B. R. Correlations between student connectivity and academic performance: A pandemic follow-up. **Physical Review Physics Education Research**, v. 19, n. 1, p. 010106, 2023.

<https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.010106>

DOU, R.; BREWE, E. Network centrality and student self-efficacy in an interactive introductory physics environment. In: PHYSICS EDUCATION RESEARCH CONFERENCE PROCEEDINGS, 2014, Minneapolis. **Atas** [...]. College Park: AAPT, 2014. p. 67-70. <https://doi.org/10.1119/perc.2014.pr.013>

DOU, R. *et al.* Beyond performance metrics: Examining a decrease in students' physics self-efficacy through a social networks lens. **Physical Review Physics Education Research**, v. 12, n. 2, p. 020124, 2016. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.020124>

DOU, R. *et al.* Understanding the development of interest and self-efficacy in active-learning undergraduate physics courses. **International Journal of Science Education**, v. 40, n. 13, p. 1587-1605, 2018. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1488088>

DOU, R.; ZWOLAK, J. P. Practitioner's guide to social network analysis: Examining physics anxiety in an active-learning setting. **Physical Review Physics Education Research**, v. 15, n. 2, p. 020105, 2019. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.020105>

FIRE, M. *et al.* Predicting student exam's scores by analyzing social network data. In: PROCEEDINGS OF ACTIVE MEDIA TECHNOLOGY: 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE, 2012, Macau. **Atas** [...]. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2012. p. 584-595. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35236-2_59

FORSMAN, J.; MOLL, R.; LINDER, C. Extending the theoretical framing for physics education research: An illustrative application of complexity science. **Physical Review Special Topics-Physics Education Research**, v. 10, n. 2, p. 020122, 2014.

<https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.020122>

GOERTZEN, R. M.; BREWE, E.; KRAMER, L. Expanded markers of success in introductory university physics. **International Journal of Science Education**, v. 35, n. 2, p. 262-288, 2013. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.718099>

GRUNSPAN, D. Z. *et al.* Males under-estimate academic performance of their female peers in undergraduate biology classrooms. **PloS one**, v. 11, n. 2, p. e0148405, 2016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148405>

HAN, S.; OH, E. G.; KANG, S. P. Social Capital Leveraging Knowledge-Sharing Ties and Learning Performance in Higher Education: Evidence from Social Network Analysis in an Engineering Classroom. **AERA Open**, v. 8, n. 1, p. 1-15, 2022. <https://doi.org/10.1177/23328584221086665>

HASS, C. A. *et al.* Studying community development: a network analytical approach. *In*: 2018 PHYSICS EDUCATION RESEARCH CONFERENCE PROCEEDINGS, 2018, Washington. **Atas** [...]. College Park: AAPT. <https://doi.org/10.1119/perc.2018.pr.Hass>

HUERTA-MANZANILLA, E. L.; OHLAND, M. W.; LONG, R. A. The Impact of Social Integration on Engineering Students' Persistence, Longitudinal, Interinstitutional Database Analysis. *In*: ASEE ANNUAL CONFERENCE & EXPOSITION PROCEEDINGS, 2013, Atlanta. **Atas** [...]. Washington: ASEE, 2013. <https://doi.org/10.18260/1-2--22596>

HUERTA-MANZANILLA, E. L.; OHLAND, M. W.; PENICHE-VERA, R. D. R. Co-enrollment density predicts engineering students' persistence and graduation: College networks and logistic regression analysis. **Studies in Educational Evaluation**, v. 70, p. 101025, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2021.101025>

JEFFREY, W. *et al.* STEM learning communities promote friendships but risk academic segmentation. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 12442, 2022. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15575-y>

OLIVARES, D. *et al.* Using social network analysis to measure the effect of learning analytics in computing education. *In*: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED LEARNING TECHNOLOGIES (ICALT), 19TH, 2019, Maceió. **Atas** [...]. New York: IEEE, 2019. p. 145-149 <https://doi.org/10.1109/ICALT.2019.00044>

POMIAN, K. E. *et al.* Using social network analysis on classroom video data. *In*: 2017 PHYSICS EDUCATION RESEARCH CONFERENCE PROCEEDINGS, 2017, Cincinnati. **Atas** [...]. College Park: AAPT. <https://doi.org/10.1119/perc.2017.pr.074>

POWAZNY, S.; KAUFFELD, S. The impact of influential others on student teachers' dropout intention—A network analytical study. **European Journal of Teacher Education**, v. 44, n. 4, p. 520-537, 2021. <https://doi.org/10.1080/02619768.2020.1793949>

PULGAR, J.; RIOS, C.; CANDIA, C. Physics problems and instructional strategies for developing social networks in university classrooms. **Arxiv Preprint**, 2019. <https://arxiv.org/pdf/1904.02840>

PULGAR, J.; CANDIA, C.; LEONARDI, P. M. Social networks and academic performance in physics: Undergraduate cooperation enhances ill-structured problem elaboration and inhibits well-structured problem solving. **Physical Review Physics Education Research**, v. 16, n. 1, p. 010137, 2020. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.010137>

RAMSEY, L. R. *et al.* Classroom connections: A social network analysis of STEM students at a regional university. **Journal of College Student Retention: Research, Theory & Practice**, v. 0, n. 0, p. 1-23, 2023. <https://doi.org/10.1177/15210251231215787>

REINHOLZ, D. L. Co-Calculus: Integrating the Academic and the Social. **International Journal of Research in Education and Science**, v. 3, n. 2, p. 521-542, 2017. <https://doi.org/10.21890/ijres.327911>

SALZMAN, N. *et al.* Lasting Impacts of a Summer Bridge and Outdoor Experience Program on Student Relationships: A Social Network Analysis. *In: 2020 ASEE ANNUAL CONFERENCE & EXPOSITION PROCEEDINGS*, 2020, Montreal. **Atas** [...]. Washington: ASEE, 2020. <https://doi.org/10.18260/1-2--35236>

SIMPFENDOERFER, L. N., *et al.* What topics of peer interactions correlate with student performance in physics courses? **European Journal of Physics**, v. 45, n. 3, p. 035704, 2024. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/ad358b>

SONNENBERG-KLEIN, J.; ABLER, R. T.; COYLE, E. J. Social network analysis: Peer support and peer management in multidisciplinary, vertically integrated teams. *In: ASEE ANNUAL CONFERENCE & EXPOSITION PROCEEDINGS*, 2018, Salt Lake City. **Atas** [...]. Washington: ASEE, 2018. <https://doi.org/10.18260/1-2--30972>

STADTFELD, C. *et al.* Integration in emerging social networks explains academic failure and success. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 116, n. 3, p. 792-797, 2019. <https://doi.org/10.1073/pnas.1811388115>

SUNDSTROM, M. *et al.* Examining the effects of lab instruction and gender composition on intergroup interaction networks in introductory physics labs. **Physical Review Physics Education Research**, v. 18, n. 1, p. 010102, 2022.

<https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.18.010102>

SUNDSTROM, M.; KAGEORGE, L. Investigating peer recognition across an introductory physics sequence: Do first impressions last? **Physical Review Physics Education Research**, v. 20, n. 1, p. 010133, 2024. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.20.010133>

TRAXLER, A. L. *et al.* Network positions in active learning environments in physics. **Physical Review Physics Education Research**, v. 16, n. 2, p. 020129, 2020. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020129>

TURETSKY, K. M. *et al.* A psychological intervention strengthens students' peer social networks and promotes persistence in STEM. **Science Advances**, v. 6, n. 45, p. eaba9221, 2020. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aba9221>

VARGAS, D. L. *et al.* Correlation between student collaboration network centrality and academic performance. **Physical Review Physics Education Research**, v. 14, n. 2, p. 020112, 2018. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.020112>

WALSH, C.; KUSHALIEV, D.; HOLMES, N. G. (2020). Connecting the dots: Student social networks in introductory physics labs. *In: PHYSICS EDUCATION RESEARCH CONFERENCE PROCEEDINGS, 2020, Online. Atas [...].* College Park: AAPT. 557-562. <https://doi.org/10.1119/perc.2020.pr.Walsh>

WELLS, J. E. Modeling student collaborations using valued ERGMs. *In: 2019 PHYSICS EDUCATION RESEARCH CONFERENCE PROCEEDINGS, 2019, Provo. Atas [...].* College Park: AAPT. p. 633-638. <https://doi.org/10.1119/perc.2019.pr.Wells>

WILLIAMS, E., *et al.* Understanding centrality: Investigating student outcomes within a classroom social network. *In: 2015 PHYSICS EDUCATION RESEARCH CONFERENCE PROCEEDINGS, 2015, Greenbelt. Atas [...].* College Park: AAPT. p. 375-378. <https://doi.org/10.1119/perc.2015.pr.089>

WILLIAMS, E. A. *et al.* Engagement, integration, involvement: supporting academic performance and developing a classroom social network. **Arxiv Preprint**, 2017. <https://arxiv.org/pdf/1706.04121.pdf>

WILLIAMS, E. A. *et al.* Linking engagement and performance: The social network analysis perspective. **Physical Review Physics Education Research**, v. 15, n. 2, p. 020150, 2019. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.020150>

WOLF, S. F. *et al.* Social network development in classrooms. **Applied Network Science**, v. 7, n. 1, p. 24, 2022. <https://doi.org/10.1007/s41109-022-00465-z>

YANG, Y. *et al.* A study of informal learning communities: A tale of two physics courses. *In*: 2014 PHYSICS EDUCATION RESEARCH CONFERENCE PROCEEDINGS, 2014, Minneapolis. **Atas** [...]. College Park: AAPT. p. 283-286. <https://doi.org/10.1119/perc.2014.pr.067>

ZANDER, L. *et al.* Academic self-efficacy, growth mindsets, and university students' integration in academic and social support networks. **Learning and Individual Differences**, v. 62, p. 98-107, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2018.01.012>

ZWOLAK, J. P.; BREWE, E. The impact of social integration on student persistence in introductory Modeling Instruction courses. *In*: PHYSICS EDUCATION RESEARCH CONFERENCE PROCEEDINGS, 2015, Greenbelt. **Atas** [...]. College Park: AAPT. p. 395-398. <https://doi.org/10.1119/perc.2015.pr.094>

ZWOLAK, J. P. *et al.* Students' network integration as a predictor of persistence in introductory physics courses. **Physical Review Physics Education Research**, v. 13, n. 1, p. 010113, 2017. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.010113>

ZWOLAK, J. P.; ZWOLAK, M.; BREWE, E. Educational commitment and social networking: The power of informal networks. **Physical Review Physics Education Research**, v. 14, n. 1, p. 010131, 2018. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.010131>



Direito autoral e licença de uso: Este artigo está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).