

Classificação de Questões de Matemática nas Diferentes Competências da Matemática e do Pensamento Computacional

Samara Solane Santos Sampaio¹, Sheilla da Silva¹,
Livia Sampaio¹, Matheus Gaudencio¹

¹ Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)
Caixa Postal 10.106 58429-900 -- Campina Grande, PB
{samara.sampaio, sheilla.silva}@ccc.ufcg.edu.br
{livia, matheusgr}@computacao.ufcg.edu.br

Abstract. *Computational Thinking (CT) has a set of competencies that are explored on real world problems. Competencies from CT are also related to Mathematics. For instance, the way that we describe steps to solve a mathematical problem seems related to the algorithmization process that we use to solve a problem with a computational mindset. We evaluated how questions from a mathematical exam (PISA) explores different competencies from CT and from a mathematical context (MC). Each question from that exam seems to explore different competencies both from CT and MC at same time. Some competencies are present among almost all questions and some were non present in our evaluation.*

Resumo. *As competências do pensamento computacional (PC) são usadas para explorar diferentes problemas. Tais competências apresentam relação com o mundo matemático. Por exemplo, a capacidade de delinear estratégias para resolução de problemas se assemelha ao processo de algoritmização do PC. Neste trabalho, avaliamos como questões matemáticas do exame PISA exploram competências do PC e do contexto da matemática (CM). Cada questão explora um grande conjunto de competências tanto do PC como do CM. Ainda, algumas competências estão presentes na maioria das questões estudadas em contraste de outras competências ausentes em nossa análise.*

1. Introdução

Segundo Wing (2006) Pensamento Computacional (PC) pode ser entendido como um conjunto de habilidades e atitudes que se baseiam nos conceitos e competências da computação. Para nortear o desenvolvimento do PC na educação básica, Barr e Stephenson (2011) propuseram nove competências consideradas a base do PC, a saber: coleta, análise, representação, decomposição de dados, abstração, algoritmos e procedimentos, automação e paralelização. Estas habilidades podem ser usadas para melhorar a nossa capacidade de resolver problemas em diferentes áreas.

A classificação de habilidades e atitudes existe não apenas para competências do PC. Niss (2003) explora a idéia de que existem diferentes competências próprias no contexto da matemática (CM), como a utilização de ferramentas matemáticas, utilização

de linguagem simbólica, delineamento de estratégias, raciocínio e argumentação, representação, matematização e comunicação.

O trabalho de Mestre et al. (2015) identificou a existência de relação entre PC e matemática. Nesse caso, os autores classificaram como os conceitos de PC eram explorados em 161 questões de matemática retiradas do PISA (Programa Internacional de Avaliação de Estudantes), além disso, analisaram conceitualmente a relação das competências do PC e do CM. Como resultado, observou-se que cada uma das questões avaliadas exploram simultaneamente diferentes conceitos do PC de Barr e Stephenson (2011) e que nem todos os conceitos são explorados na mesma frequência. Além disso, esse trabalho elaborou um mapeamento teórico entre os conceitos do PC e CM.

Um dos desafios do PC é conseguir identificar mecanismos para explorar e aprimorar as diferentes competências deste tipo de pensamento. Espera-se que, ao identificar uma relação entre as competências do CM e do PC, seja possível usar parte do arcabouço oferecido na matemática dentro do contexto de computação. Especialmente, é de interesse usar artefatos já produzidos na matemática para alavancar o aprendizado em computação e vice-versa. Um desses artefatos comumente aplicados está nas questões e exercícios produzidos no ensino de matemática.

Neste trabalho, selecionamos 20 questões do PISA dentro daquelas trabalhadas por Mestre, et Al, (2015) e buscamos identificar como essas questões exploram as CM descritas por Niss (2003). É esperado que, se existe um mapeamento teórico entre habilidades do PC e do CM, então essas questões exploram as competências do CM de forma plural e que algumas habilidades sejam mais exploradas que outras.

Os resultados obtidos mostram que uma mesma questão pode estimular uma ou mais competências do PC e do CM e que algumas competências estão mais presentes do que outras. Dessa forma, podemos concluir que: i) há, de fato, indícios sobre a existência de um mapeamento teórico entre PC e matemática; ii) questões próprias de matemática não exploram competências próprias da matemática de forma isolada, e; ii) de que certas competências são exploradas com maior frequência do que outras. Com estes resultados, esperamos que a comunidade comece a observar e estudar a área da matemática como base de artefatos a serem trabalhados dentro do contexto de pensamento computacional.

Para apresentar as conclusões, este trabalho inicia-se com a Seção sobre trabalhos relacionados para, em seguida, na Seção 3, apresentar nossa metodologia de pesquisa. Em seguida, apresenta-se os resultados do estudo dessas questões matemáticas para, em seguida, apresentar as ameaças a validade deste trabalho e suas conclusões, bem como trabalhos futuros.

2. Trabalhos Relacionados

É possível encontrar na literatura trabalhos que discutem a relação da matemática com o Pensamento Computacional, como os produzidos por Barcelos e Silveira (2012, 2013), Mestre et al. (2015) e Costa, Sampaio e Guerrero. (2016).

Em Barcelos e Silveira (2012), os autores argumentam que existem relações inerentes entre as habilidades desenvolvidas no campo da computação e na matemática, propondo um mapeamento das competências previstas nos padrões curriculares

brasileiros com atividades de programação tipicamente usadas para desenvolver o PC. Posteriormente, Barcelos e Silveira (2013), exploram o uso de jogos digitais para desenvolver o PC e como esse aprendizado se relaciona com o conhecimento prévio dos estudantes em matemática. Nos dois trabalhos citados, o principal objetivo dos autores era relacionar o ensino de computação e a disciplina de matemática.

Em outro artigo, Mestre et al. (2015) estudam a relação entre as competências do PC e da matemática considerando questões (exercícios) típicas de matemática. Nesse caso, foram consideradas as capacidades fundamentais da matemática definidas no nível de letramento do PISA. As questões de matemática foram analisadas quanto à relação com as competências do PC propostas por Barr e Stephenson (2011) e as conclusões foram a base para a proposição de um mapeamento teórico entre as competências do PC e matemática.

Considerando aplicações do PC na educação básica, Costa, Sampaio e Guerrero (2016) propõem o desenvolvimento das competências do PC em conjunto com a disciplina de matemática, por meio do ajuste das atividades práticas aplicadas em sala de aula a fim de melhorar a capacidade de resolução de problemas dos estudantes. Os autores apresentam um estudo com questões de matemática com maior ou menor relação com o PC e concluem que, estatisticamente, os alunos que trabalharam com questões de matemática com maior relação com o PC apresentaram um melhor desempenho no teste realizado para medir a capacidade de resolução de problemas de cada um.

Este trabalho está fortemente relacionado com a proposta de Mestre et al. (2015) no sentido de relacionar competências do PC e matemática, considerando questões de matemática voltadas para a educação básica, mas com o diferencial de enfatizar a relação das questões com as competências da matemática e se essa relação é similar aquela envolvendo competências do PC.

3. Método

Neste artigo foi aplicado um método empírico baseado em formulários que buscou avaliar quais competências da Matemática estão sendo trabalhadas ou estimuladas em uma determinada questão. Para isso, usamos uma base de 20 questões de Matemática¹ retiradas do PISA 2012 de forma aleatória. Essas questões foram avaliadas por 5 especialistas de um curso de bacharelado em Matemática entre o 2º e o 4º ano e uma votação majoritária permitiu indicar se uma competência estava ou não presente, por meio de um formulário eletrônico que perguntava, para cada questão de matemática qual(is) competência(s) da Matemática estavam relacionadas ao conteúdo da questão.

A avaliação das questões foi realizada individualmente em uma sessão de 2 horas. Os especialistas não consultaram material adicional ou os colegas para realizar a atividade proposta. A ordem das questões a serem avaliadas foram definidas de forma aleatória e independente para cada avaliador. Os dados obtidos foram tabulados e mapeados em uma tabela relacionando as questões com os avaliadores.

Em seguida, foi realizada uma análise para verificar as competências da Matemática predominantes (votação majoritária com pelo menos 3 respostas positivas) em cada questão e como se relacionam com as competências do PC presentes na mesma

¹ Disponível em <https://git.io/fxRH7>

questão. Para os aspectos de PC, consideramos os resultados do estudo anterior de Mestre et al. (2015), com as mesmas 20 questões de Matemática em uso neste artigo, sobre as competências do PC associadas ao conteúdo de cada questão.

4. Resultados

As questões de Matemática usadas foram retiradas do PISA 2012 e, portanto, equivalem a questões tipicamente trabalhadas na educação fundamental, 9º ano. Os conteúdos trabalhados nas questões se concentraram em Aritmética e Geometria (cerca de 65%), além de Probabilidade e Estatística e Matemática Financeira.

A Figura 1 ilustra a distribuição das competências do PC predominantes presentes nas questões, ou seja, aquelas resultantes de uma análise majoritária. É possível perceber que cada questão possui quantidade significativa de competências do PC. No entanto, observa-se que uma das competências não é tão explorada, quanto às demais. Automação é uma competência que só foi observada em quatro questões, onde o conteúdo exploratório dessas questões é no campo da aritmética. Já a paralelização e a simulação foram duas competências que não foram exploradas nas questões da amostra. Tanto simulação como paralelização são, potencialmente, competências mais específicas da computação do que a utilizada por questões matemáticas do ensino básico. Em contraste, as competências de análise de dados, coleta de dados e abstração foram encontradas em todas as questões avaliadas.

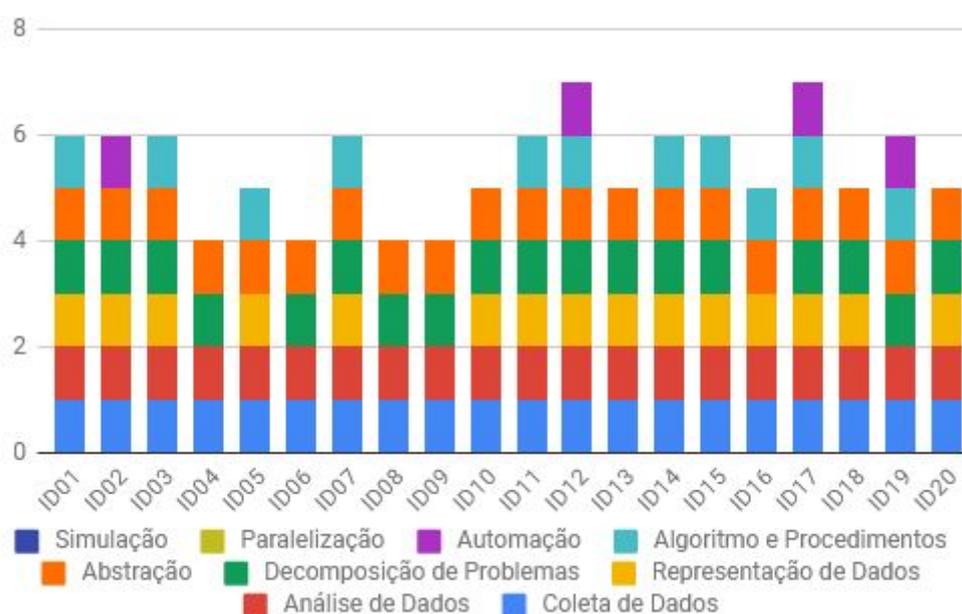


Figura 1 - Competência do PC presente nas questões.

As questões também foram analisadas quanto às competências no contexto da matemática (CM). A Figura 2 ilustra a distribuição das competências da matemática em cada questão. Também considera-se as competências predominantes em cada questão. Todas as questões desenvolvem pelo menos quatro competências da matemática.

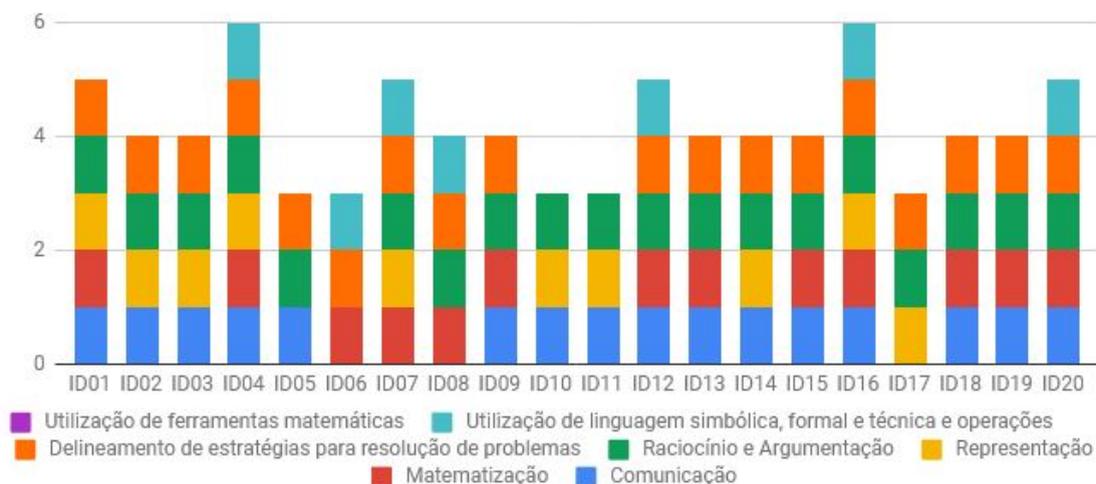


Figura 2 - Competências da matemática presente nas questões.

Não foi possível observar a predominância de nenhuma competência específica no CM para determinadas questões. Nenhuma competência esteve presente em todas as questões, tendo o “raciocínio e argumentação” e “delineamento de estratégias para a resolução de problemas” como as duas atividades mais comuns dentre as questões apresentadas. Ao mesmo tempo, não se diagnosticou questões que tenham feito uso da competência de “utilização de ferramentas matemáticas”. Ainda, o tópico de linguagem simbólica é o segundo menos explorado (7 de 20).

4.1 Mapeamento das Competências do PC e do CM

As questões exploram as competências do PC e do CM de forma plural. De acordo com Mestre et al. (2015), existe um mapeamento entre os conceitos teóricos das competências do PC e do CM e neste trabalho analisamos tal mapeamento nas questões de matemática. O mapeamento conceitual existente pontua que as competências do PC exploram diferentes conceitos da CM, entretanto, algum dos conceitos do PC apresentam uma maior relação com algumas competências do CM. Na Tabela 1 apresentamos qual competência do CM apresenta uma maior relação com determinadas competências do PC de acordo com o trabalho que serve de base para este artigo.

Tabela 1. Principais competência do PC relacionadas com competências do CM.

CM	PC
Comunicação	Coleta de Dados
Matematização	Abstração
Representação	Representação de Dados
Raciocínio e Argumentação	Análise de Dados
Delineamento de estratégias para resolução de problemas	Decomposição de Problemas, Algoritmo e Procedimentos, Paralelização
Utilização de linguagem simbólica, formal e técnica e operações	Representação, Simulação

Utilização de ferramentas matemáticas	Automação, Simulação
---------------------------------------	----------------------

Fonte: Mestre et al. (2015)

Para cada uma das competências do CM e do PC identificadas nas questões avaliadas, foi gerada uma tabela de frequência de questões. A Tabela 2 apresenta quantas questões exploraram cada uma das competências avaliadas. É possível observar que nas relações entre:

- Raciocínio e Argumentação (CM) e Análise de dados (PC); Delineamento de estratégias (CM) e Decomposição de Problemas (PC): estes pares apareceram de forma predominante em todas as questões.
- Comunicação (CM) e Coleta de Dados (PC); Matematização (CM) e Abstração (PC): as competências de PC estão presentes em todas as questões avaliadas, entretanto, seus pares no CM estão presentes, respectivamente, em 80% e 65% da amostra.
- O conceito de representação no CM e no PC: apesar de conceitualmente estarem fortemente relacionados, não apresentaram correspondência total na amostra avaliada. O conceito foi identificado mais vezes nas questões como competência do PC (15 vezes) em comparação ao CM (10 vezes). Em uma das questões (ID04) o conceito de representação foi identificado como uma competência do CM relevante para a questão, mas não como competência do PC.
- Utilização de linguagem simbólica, formal e técnica e operações (CM) e Representação (PC): Apesar da relação teórica entre as duas competências, das 7 questões onde a competência do CM foram identificadas, apenas 2 apresentaram o conceito de representação do PC.
- Utilização de ferramentas matemáticas (CM) e Automação e Simulação (PC): Estes conceitos não foram explorados ou pouco explorados nas questões avaliadas.

Tabela 2. Quantidade de questões e competências de CM e PC.

CM	Questões	PC	Questões
Raciocínio e Argumentação	19	Coleta de Dados	20
Delineamento de estratégias para resolução de problemas	18	Análise de Dados	20
Comunicação	16	Abstração	20
Matematização	13	Decomposição de Problemas	18
Representação	10	Representação de Dados	15
Utilização de linguagem simbólica, formal e técnica e operações	7	Algoritmo e Procedimentos	11
Utilização de ferramentas matemáticas	0	Automação	4
		Paralelização	0
		Simulação	0

A Tabela 3 apresenta competências da computação e da matemática abordadas em cada questão. Dela pode-se observar algumas características. A relação das competências de representação (CM) e representação de dados (PC) é um dos resultados não esperados de nossa avaliação. Apesar das competências estarem próximas na teoria, este mesmo mapeamento não foi direto ou identificado na mesma frequência quando observados por especialistas de matemática no CM.

Alguns conceitos parecem fundamentais para questões matemáticas tanto no CM como PC e aparecem com frequência na maioria das questões e tem alguma correlação. São estes conceitos: Raciocínio e Argumentação (CM) e Análise de dados (PC); Delineamento de estratégias (CM) e Decomposição de Problemas (PC).

Por fim, existem competências do PC não explorados ou pouco exploradas nas questões avaliadas, como Automação, Paralelização e Simulação. Isto indica que tais conceitos estão potencialmente mais próximos da computação do que a matemática ou ausente das questões exploradas no PISA.

Tabela 3. Competência presente nas questões.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Coleta de Dados	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Análise de Dados	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Representação de Dados	X	X	X		X		X			X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Decomposição de Problemas	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Abstração	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Algoritmo e Procedimentos	X																			
Automação			X		X		X				X			X	X	X	X			
Paralelização																				
Simulação																				
Comunicação	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
Representação	X	X	X	X			X			X	X			X		X	X			
Matematização	X			X		X	X	X	X			X	X		X	X		X	X	X
Raciocínio e Argumentação	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Delineamento de estratégias para resolução de problemas	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X
Utilização de linguagem simbólica, formal e técnica e operações				X		X	X	X				X				X				X
Utilização de ferramentas																				

matemáticas																			
-------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

5. Ameaças à Validade

Neste trabalho foi identificada três ameaças à validade desta pesquisa.

- Especialistas insuficientes ou despreparados: a capacidade de identificar competências no CM depende da maturidade dos especialistas. Por se tratarem de alunos de graduação que já trabalharam com princípios básicos de matemática, os mesmos ainda estão sujeitos a possíveis interpretações equivocadas do que representa cada competência matemática.
- Poucas questões avaliadas: devido a limitação de tempo e disponibilidade, o espaço amostral de questões foi reduzido. A ausência de uma base de dados com mais questões implica na impossibilidade de realizar um estudo com base estatística significativa.
- Questões avaliadas de um único instrumento: todas as questões observadas são do PISA e estão direcionadas a um tipo de teste e de avaliação. A própria ausência do conceito de utilização de ferramentas matemáticas indica que o instrumento pode não ser adequado como método para explorar as competências de PC ou mesmo todas as competências do CM.

6. Conclusões

Durante a caracterização das competências de PC e CM nas questões, não foi encontrada questões que explorem competências de forma isolada tanto para o PC como para o CM. Isto pode indicar que os conceitos podem não ser explorados de forma isolada tanto de PC como do CM. O número de questões avaliadas e a maturidade dos especialistas podem ter influenciado este trabalho e os resultados obtidos, visto que houveram discrepância entre na avaliação de algumas competências. Como trabalhos futuros, desejamos continuar a avaliação com um corpo maior de questões e de especialistas. Desejamos também gerar uma análise estatística robusta das relações entre competências que encontramos. Como trabalho futuro, desejamos repetir esta avaliação para outros tipos de materiais pedagógicos do ensino de matemática.

Referências

- Barcelos, T. S., Silveira, I.F. (2012). “Pensamento Computacional e Educação Matemática: Relações para o Ensino de Computação na Educação Básica”. XX Workshop sobre Educação em Computação (WEI). Anais do XXXII CSBC, v.2, p23.
- Barcelos, T. S., Silveira, I. F. (2013). “Relações entre o Pensamento Computacional e a Matemática através da construção de jogos Digitais”. Anais do XII SB Games.
- Barr, V., Stephenson, C. (2011). “Bringing computational thinking to k-12: what is involved and what is the role of the computer science education community?”. Acm Inroads, 2(1):48–54.
- Costa, E. J. F., Sampaio, L., Guerrero, D. (2016). “Pensamento Computacional na Educação Básica: Uma Análise da Relação de Questões de Matemática com as

Competências do Pensamento Computacional”. Anais dos Workshops do V Congresso Brasileiro de Informática na Educação. Cbie 2016, 2016. p. 1060-1069.

Mestre, P., Andrade, W., Guerrero, D., Sampaio, L., Rodrigues, R. da S., Costa, E. (2015). “Pensamento Computacional: Um estudo empírico sobre as questões de matemática do PISA”. Anais dos Workshops do IV Congresso Brasileiro de Informática na Educação. Cbie 2015, 2015. p 1281-1289.

Niss, M. (2003) “Mathematical Competencies and the Learning of Mathematics: The Danish Kom Project”, In: 3rd Mediterranean conference on mathematical education, p. 115-124.

Wing, J. M. (2006). “Computational thinking”. Communications of the ACM, 49(3):33–35.