

Promovendo a Reflexão sobre o Erro em Disciplinas Introdutórias de Programação no Ensino Superior

Title: Promoting Reflection on Error in Higher Education Introductory Programming Courses

Fernanda Castro
Centro de Informática – Universidade Federal de
Pernambuco
mfcc@cin.ufpe.br

Patricia Tedesco
Centro de Informática – Universidade Federal de
Pernambuco
pcart@cin.ufpe.br

Resumo

Crucial para o currículo de cursos de Computação, a programação é considerada um de seus tópicos mais difíceis, pois exige habilidades de abstração, raciocínio e representação. Em sua complexidade inerente, a atividade torna-se especialmente suscetível a falhas. Teorias como as de Vygostky tratam a reflexão sobre o erro como parte integrante do processo de aprendizagem. Dado que o potencial educador do erro costuma ser desperdiçado sob uma caracterização de viés negativo, indicando uma falha pessoal do aluno, este trabalho tem como objetivo investigar, através da realização de um experimento quantitativo com foco no Ensino Superior, o uso de portfólios na criação de relatos que promovam a reflexão sobre erros cometidos em disciplinas de programação. O estudo, realizado em duas instituições de ensino, indicou efeitos positivos sobre os estudantes, que passaram tanto a registrar suas atividades diárias no portfólio quanto a desassociar os erros cometidos de uma possível inaptidão ou falta de empenho.

Palavras-Chave: Reflexão Sobre o Erro; Portfólio; Programação

Abstract

Crucial to the Computing curriculum, programming is considered to be one of its most difficult topics, since it requires the abilities of abstraction, reasoning and representation. In its inherent complexity, the activity becomes especially susceptible to failure. Theories such as Vygostky's treat reflection on error as an integral part of the learning process. Given that the educational potential of the error is usually wasted due to a negative bias, indicating a personal failure for the student, this work aims to investigate, through the realization of a quantitative experiment with a focus on Higher Education, the use of portfolios in the creation of reports that promote reflection on mistakes made in programming disciplines. The study, carried out in two educational institutions, indicated positive effects on students, who went on to record their daily activities in the portfolio and to disassociate the mistakes made of a possible disability or lack of commitment.

Keywords: Reflection on Error; Portfolio; Programming

1 Introdução

A habilidade de programar é uma das bases de Cursos de Computação. No entanto, o ensino de programação e algoritmos é frequentemente considerado um dos tópicos mais difíceis do curso, com disciplinas apresentando taxas altas de retenção e evasão (Watson & Li, 2014). Fatores de diversas naturezas (e.g. metodológicos, estruturais) contribuem para a queda de desempenho neste tipo de conteúdo (Menezes & Nobre, 2002), indicativos de que talvez ainda não se conheça uma forma ideal de educar em Computação.

Além disso está o fato de que a programação e o código em si não constituem o objetivo final da atividade de programar. O real produto a ser desenvolvido pelo aluno é a resolução de um problema, explicitada na forma de um algoritmo ou software. O processo de programar exige que o aluno compreenda uma questão em seus diversos aspectos, abstraindo-a e expressando-a na sintaxe correta da linguagem. Atividades desta natureza tornam-se especialmente suscetíveis a falhas (Gomes, Becker, Gestaro, Amaral & Tarouco, 2015), o que contribui para que os estudantes as considerem como tópicos difíceis. No caso do ensino de programação, More, Kumar e Renumol (2011) citam a depuração como uma das fases mais importantes da aprendizagem. Nela, o aluno é capaz de visualizar, manipular, corrigir e aperfeiçoar sua solução, levando a um refinamento da habilidade de codificação adquirida.

No entanto, perdura em nossa sociedade a caracterização do erro sob um viés negativo (Kutzke & Direne, 2016). Ao errar, o aluno sente-se desmotivado, atribuindo o equívoco à falta de um dom natural. Nesta visão, o acerto é associado ao talento e à afinidade, ao invés de a um conjunto de competências construído gradualmente por meio de estudo e prática. Tal visão é identificada por Cannon e Edmondson (2005) como uma característica cultural.

Dado que a atividade de depuração é uma das mais importantes e que está atrelada ao processo de reflexão sobre falhas, é importante desmistificar o erro em programação e incentivá-lo como oportunidade de aprendizado. Em busca de alternativas para contemplar tal problema, este estudo utiliza como referência a previsão publicada pela Envisioning Technology Research Foundation¹. A fundação estima que, por volta do ano 2030, avaliações tradicionais serão substituídas por atividades de projeto que agreguem valor ao “portfólio” do aluno. Barrett (2010) define portfólio como uma coleção de evidências que mostra a jornada de aprendizagem do aluno, onde uma evidência é qualquer registro ou artefato catalogado na ferramenta, como diários de classe, avaliações ou trabalhos escolares. O portfólio é uma plataforma centralizadora, que provê ao aluno uma visão analítica de seu aprendizado como um todo, sendo possível utilizá-la na criação de relatos que fomentem a reflexão do aluno sobre o erro.

Este trabalho tem como objetivo investigar, por meio da realização de um experimento, o uso de portfólios para a criação de relatos visando a reflexão sobre o erro, com foco em disciplinas de programação do Ensino Superior. O estudo realizado trouxe indicativos do efeito benéfico do uso de relatos quanto ao sentimento dos alunos perante os erros cometidos. Ao catalogar suas atividades e registrar suas impressões diárias em portfólios, os estudantes puderam compreender suas falhas como parte da jornada de aprendizagem.

¹ <http://envisioning.io/education/>

Dentre as principais contribuições deste estudo, encontram-se a discussão sobre o erro, seu papel educador e sua interpretação em sala de aula, o uso de portfólios em meios educacionais e o estudo quantitativo sobre sua adoção em disciplinas de programação do Ensino Médio.

O restante deste trabalho foi dividido da seguinte forma: a Seção 2 apresenta uma discussão sobre portfólios eletrônicos e sobre como o erro em programação é tratado em sala de aula. A seguir, a Seção 3 apresenta as principais plataformas de portfólios existentes no mercado. A Seção 4 traz a metodologia e planejamento do experimento. A Seção 5 discute a realização do experimento e os resultados obtidos. A Seção 6 apresenta as considerações finais e possíveis trabalhos futuros.

2 O Valor Pedagógico do Erro e o Uso de Portfólios em Sala de Aula

Em sua pesquisa, Serconek (2011) afirma que o valor pedagógico do erro como parte integrante do aprendizado é um conceito relativamente recente. Embora tenhamos presenciado transformações nas práticas de ensino ao longo das últimas décadas, a conotação negativa do erro perdura e até extrapola o âmbito educacional (Cannon & Edmondson, 2005). Associamos o erro à falta de talento e aptidão. A criança que erra menos é considerada mais inteligente e mais dedicada, mesmo nos casos onde seus acertos são fruto de memorização. Em Kutzke (2015), argumenta-se que, ao moldar estudantes para repudiar o erro, cria-se um processo onde a falha denota falta de empenho pessoal. Tal processo é chamado pelo autor de culpabilização do aluno. A culpabilização do aluno traz ainda outro viés, que é a isenção do professor e da instituição de ensino. Ao transferir a responsabilidade de reparação para os estudantes, perde-se a oportunidade de revisar práticas de ensino, materiais e métodos (Kutzke, 2015).

Outra problemática identificada é a concepção do erro enquanto um produto final indesejado: ou se obtém êxito ou se obtém fracasso. Porém, tal pensamento mostra-se antagônico à teoria de Vygostky acerca da criação de conceitos espontâneos e científicos (Vygotsky, 2009).

Para Vygostky, são chamados de espontâneos os conceitos naturais ao ser humano, que independem de instrução formal e que são adquiridos por meio de vivências e experimentações, sendo especialmente abundantes na infância. Conceitos científicos, por sua vez, são aqueles formalizados no processo de aprendizagem. Embora em alguns casos ocorram conflitos entre conceitos espontâneos e científicos, Vygotsky afirma ser importante compreendê-los não como entidades opostas, mas sim relacionadas.

Para o autor, o conhecimento espontâneo viabiliza a aquisição de conhecimento científico: ao manipular novas informações, o estudante constrói seu entendimento acerca de conceitos científicos mais complexos. Nota-se que Vygotsky aponta para um entendimento gradual dos conceitos, um processo em constante expansão. Assim, é natural que conceitos científicos parcialmente compreendidos levem ao erro, o que por sua vez evidencia uma tentativa de significar o que está sendo aprendido. Deste modo, o erro é mais uma etapa da significação, onde o aluno tem a oportunidade de criar novas conexões e avançar seu entendimento sobre um conceito a um estado de maior completude.

Erros em programação podem ser classificados em três tipos: sintáticos, semânticos ou lógicos (Chan & Mow, 2012). Erros de sintaxe são erros de digitação ou mau uso dos elementos específicos da linguagem, tal como mau posicionamento de chaves e colchetes no código. Já erros semânticos referem-se a códigos sintaticamente corretos, mas que apresentam erros de significado perante a linguagem. Ocorrem, por exemplo, ao realizarmos a chamada de uma função não implementada no código. Tanto erros sintáticos quanto semânticos costumam ser identificados por compiladores e ambientes de programação.

Erros lógicos, por sua vez, são aqueles que não podem ser identificados pelo compilador antes da execução do código, sendo, portanto, mais difíceis de diagnosticar. Consistem tanto em erros que inviabilizam a execução do programa (como o caso de uma operação envolvendo uma variável nula ou a criação de uma recursão infinita que nunca retornará um resultado) quanto erros que produzem uma saída inesperada ou incorreta. Exemplos de erros lógicos são chamadas a variáveis não inicializadas, situações de *deadlock* ou simplesmente a entrega de um resultado que não atende às especificações desejadas. Nesta categoria encontram-se os erros mais complexos da programação, cujo diagnóstico costuma exigir uma maior habilidade de abstração por parte dos alunos.

Do ponto de vista educacional, erros semânticos e lógicos refletem maior potencial de aprendizado e reflexão do que erros sintáticos, dado que os primeiros independem da linguagem de programação adotada (McIver, 2000). Algumas classificações incluem ainda outros tipos de erro, como a incompatibilidade de configurações entre bibliotecas, plugins ou serviços. Porém, este tipo de erro, que exige um conhecimento mais profundo com relação à infraestrutura dos sistemas, não costuma ser abordado em disciplinas de programação como parte do currículo dos alunos.

De acordo com Kutzke e Direne (2016), é preciso então mediar os três tipos principais de erro. Isto significa acompanhar de perto o processo de depuração, dando espaço para que o aluno reflita e experimente novas abordagens. Outros autores também apontam o papel do professor na mediação da depuração (Martins, 2013; Serconek, 2011).

Diante do exposto, surge a necessidade de criar ferramentas capazes de prover suporte à mediação da depuração, agindo tanto em auxílio do aluno quanto do professor. Considerando a literatura das últimas duas décadas, é possível notar que as poucas ferramentas propostas são costumeiramente voltadas para o diagnóstico e correção automática dos erros (More et al., 2011), comum sobretudo nas funcionalidades de ambientes de programação. Tais abordagens, no entanto, impedem um processo reflexivo por parte dos estudantes.

2.1 Portfólios e a Criação de Relatos

A utilização de portfólios em sala de aula remonta aos anos 80 (Butler, 2006), tendo origem na Educação Infantil, onde a produção de trabalhos de classe a serem catalogados costuma possuir maior volume. Porém, ao longo do tempo, o portfólio foi sendo adotado em diferentes segmentos. E, conforme o meio digital conquistou seu espaço, o portfólio também se modernizou, sendo apresentado em versões eletrônicas e online, afastadas do papel.

Helen Barrett (2004) define o portfólio como uma coleção de evidência que documenta a jornada de aprendizagem do aluno. A partir desta definição, é possível compreender o propósito de um portfólio como algo maior do que a mera catalogação dos trabalhos produzidos: ele é, em sua essência, uma ferramenta para promover reflexão sobre o desenvolvimento de habilidades através da análise das evidências cadastradas no perfil do aluno. Tal reflexão deverá ser realizada em três etapas: presente, passada e futura (Barrett, 2010).

A reflexão presente ocorre no momento em que o aluno insere uma nova evidência em seu portfólio. Ao fazer isso, o aluno é capaz de visualizar o produto de seu aprendizado, refletindo sobre os principais desafios e falhas encontradas no processo. É comum, por exemplo, que mecanismos de inserção de evidências em portfólios eletrônicos venham acompanhados de questionários, onde o estudante possa expressar suas considerações sobre o que está sendo adicionado (Paulson, Paulson & Meyer, 1991).

A reflexão passada relaciona-se com a capacidade do aluno analisar em retrospectiva as evidências salvas em seu portfólio, identificando lições aprendidas e dificuldades superadas ao

longo do caminho. É importante que o portfólio eletrônico seja capaz de proporcionar ao estudante a visão da progressão de seu trabalho (Butler, 2006).

Por fim, na reflexão futura, o usuário torna-se capaz de traçar as metas e objetivos que nortearão sua aprendizagem de acordo com as evidências de seu portfólio. O aluno pode, por exemplo, identificar seus pontos fortes e direcionar seu futuro profissional aos conteúdos que mais lhe atraem, ou, ainda, identificar dificuldades que precisam ser exercitadas na busca de um objetivo específico.

Existem três propósitos fundamentais que podem ser identificados em portfólios, sendo eles: aprendizagem, prestação de contas e marketing (Barrett & Carney, 2005). O propósito de aprendizagem documenta o desenvolvimento do aluno, provendo desafios e reflexões, colocando o estudante como personagem central e audiência do portfólio. O senso de propriedade torna-se destaque: o estudante possui liberdade para utilizar o portfólio de maneira personalizada e conforme seus objetivos pessoais (Barrett, 2010).

Já o propósito de prestação de contas é utilizado para documentar a conquista de habilidades e competências pré-estabelecidas, por exemplo, por uma instituição de ensino. O portfólio focará na visão de produto, sendo uma ferramenta feita para o aluno (que dispõe da possibilidade de acompanhar seu desempenho e identificar suas deficiências), mas não pelo aluno. Podemos compreendê-los como uma evolução dos boletins tradicionais.

Por fim, o propósito de marketing funciona como vitrine, onde são exibidos os melhores trabalhos e contribuições do estudante para posterior análise de terceiros. A seleção dos melhores trabalhos, contudo, é um método que acaba por eliminar a possibilidade de avaliações mais profundas, uma vez que o processo de aprendizagem não é registrado por inteiro no portfólio em prol apenas dos melhores resultados. Este tipo de portfólio apresenta-se como um produto, sendo capaz de substituir currículos ou diplomas tradicionais, atestando a competência do candidato.

Embora a junção de múltiplos propósitos dentro de um mesmo portfólio seja viável, Barrett afirma ser preciso estar atento à resolução de conflitos (Barrett, 2010). Visando a criação de relatos, é importante garantir que os alunos se sintam seguros para compartilhar seus fracassos e opiniões com sinceridade, algo que não seria possível caso, por exemplo, este mesmo portfólio fosse utilizado para conseguir uma vaga no mercado de trabalho. Tais questões precisam ser trabalhadas com cuidado.

O uso de relatos sistemáticos na promoção da reflexão, onde o aluno descreve suas experiências, na forma escrita, também não é uma iniciativa recente (Butler, 2006). De fato, desde os anos 80, portfólios já eram utilizados como diários de classe em algumas instituições da Educação Básica (Barrett, 2004), e trabalhos apontam sua presença também em cursos superiores da área de Saúde (Elango, Jutti & Lee, 2005). Argumenta-se que através do registro escrito das práticas, cria-se uma oportunidade para refletir sobre os conhecimentos adquiridos. E embora conceitualmente relatos sistemáticos possam ser realizados utilizando caneta e papel, tal abordagem pode mostrar-se pouco atrativa ao aluno. Para estudantes de cursos de Computação no Ensino Superior, por exemplo, torna-se desejável o uso de ferramentas online, facilmente acessíveis e persistentes, que possam ser acopladas a outros sistemas, como é o caso dos portfólios eletrônicos. Além disso, a maior similaridade dos portfólios com a dinâmica das redes sociais pode ser um ponto a seu favor, por gerar um maior engajamento dos usuários. Esta mesma dinâmica é apontada por Barrett e Carney (2005) nos blogs e sites pessoais da internet.

O potencial do portfólio enquanto ferramenta promotora da reflexão sobre o erro pode ser evidenciado por sua capacidade de gerar senso de propriedade. Por senso de propriedade, Paulson, Paulson e Meyer (1991) referem-se à percepção de que o portfólio é uma representação da jornada de seu dono. Ao perceber-se refletido no portfólio, o estudante desenvolve sentimentos como orgulho, responsabilidade e dedicação. Ainda segundo os autores, tais sentimentos contribuem

para uma visão mais analítica sobre as evidências armazenadas no portfólio, pois estas formariam a reputação e auto-imagem do estudante. Com base no que foi apresentado nesta seção, considerou-se importante levantar informações acerca das principais plataformas de portfólios disponíveis para uso no mercado.

3 Portfólios Eletrônicos

Este trabalho analisará três portfólios para o Ensino Superior. A escolha foi feita com foco na popularidade e disponibilidade de mercado. Todas as plataformas analisadas são oferecidas por meio eletrônico. Não foram encontradas plataformas voltadas ao ensino de programação ou que abordassem especificamente a criação de relatos.

O Foliotek² une propósitos de prestação de contas e marketing. Com suporte tanto para o aluno quanto para instituições de ensino, serve como um repositório de projetos desenvolvidos. Os projetos são avaliados pelos professores e posteriormente utilizados como currículo do estudante, enquanto as instituições podem optar por organizar a produção de evidências dos alunos de acordo com competências estabelecidas em seu próprio currículo. O Foliotek também encoraja que os alunos compartilhem seus portfólios com os demais estudantes, reforçando o senso de propriedade. Porém, embora possua espaço para troca de comentários, o Foliotek não possui mecanismos que facilitem a reflexão do aluno ou a mediação do professor neste processo. Assim, entende-se que o Foliotek pode ser adaptado como ferramenta para criação de relatos, mas tal abordagem não está prevista no escopo da plataforma. O Foliotek conta com planos especiais para instituições e estudantes, bem como uma versão gratuita que permite a criação de um único portfólio por usuário, com opções de personalização reduzidas.

O Seelio³ possui um perfil similar ao Foliotek, unindo os propósitos de prestação de contas e marketing. Porém, seu objetivo alinha-se muito mais à formação de uma vitrine para o mercado de trabalho, visando aproximar a produção acadêmica da vida profissional dos alunos. No Seelio, instituições de ensino e empresas são incentivadas a colaborar no treinamento e desenvolvimento de habilidades do corpo discente. Aos professores, são oferecidos serviços de analytics e outras métricas avaliativas. Embora conte com uma funcionalidade de feedback entre alunos, a plataforma encoraja que os estudantes “criem sua própria marca”, o que os incentiva a disponibilizar apenas um recorte de suas histórias de sucesso. O Seelio conta inclusive com a possibilidade de selecionar quais informações aparecerão no portfólio de acordo com o perfil de emprego almejado pelo estudante. Assim, é possível afirmar que a plataforma não possui um ambiente favorável à reflexão do aluno sobre o erro, uma vez que, agindo como uma vitrine e possível currículo para o mercado de trabalho, incentiva o compartilhamento apenas das habilidades e sucessos do aluno. Todos os serviços do Seelio são oferecidos de forma gratuita.

O Mahara⁴ é o único portfólio eletrônico open source e que prevê a possibilidade de personalização e adequação ao contexto de cada instituição de ensino. Pode ser utilizado tanto online, na própria plataforma, quanto offline, com a criação de um sistema exclusivo para cada

² <https://www.foliotek.com/>

³ <https://seelio.com/>

⁴ <https://mahara.org/>

instituição. Seu funcionamento é focado não só no estudante, mas no espaço acadêmico como um todo: prevê, por exemplo, a criação de contas com diferentes perfis, desde professores a administradores e coordenadores, todos com permissões e funcionalidades distintas dentro do sistema. No Mahara, é possível criar grupos de estudo e salas de aula virtuais, onde professores fornecem conteúdo e solicitam a entrega de projetos e atividades. A plataforma incentiva a colaboração dos alunos através da troca de feedbacks em fóruns compartilhados. Para professores e administradores, é possível acoplar frameworks de competências aos portfólios, que identificam pontos fortes e fracos de cada estudante. Embora possa ser adaptado, a criação de relatos não é uma prioridade do sistema. E ainda que também não configure como uma funcionalidade prioritária, o Mahara possibilita que os estudantes transformem seus portfólios em currículos para o mercado de trabalho, estando em consonância, ainda que pequena, com o propósito de marketing.

As informações extraídas de cada plataforma encontram-se reunidas na Tabela 1 a seguir.

Dentre os portfólios comerciais disponíveis atualmente para o Ensino Superior, há pouca preocupação com o propósito de aprendizagem. Quanto ao uso de relatos escritos em papel, não foi encontrada bibliografia fora das áreas de Saúde e Educação.

Segundo estudo organizado por Bryant e Chittum (2013), existe uma lacuna no que diz respeito a pesquisas que verifiquem empiricamente os desdobramentos da adoção de portfólios com propósito de aprendizagem. As plataformas encontram-se disponíveis no mercado e a bibliografia aponta um impacto favorável, mas pouco foi catalogado quanto aos cenários reais em que a plataforma de fato foi inserida em sala de aula. Ainda segundo os autores, este tipo de indício empírico é importante para o amadurecimento da área, pois visa evitar que mal-entendidos tornem a adoção em massa dos portfólios uma perda de tempo e recursos.

A preocupação faz ainda mais sentido se considerarmos que a inserção de portfólios no dia a dia de uma instituição de ensino requer esforço e aprendizado de novas habilidades tanto por parte de professores e gestores quanto dos próprios alunos, os quais devem desenvolver uma “cultura de uso do portfólio” (Cambridge, 2001).

Assim, optou-se pela realização de um experimento, de caráter quantitativo, visando investigar qual o impacto da adoção de portfólios como meio para a produção de relatos que auxiliem na reflexão dos alunos sobre o erro. A metodologia adotada para o experimento será apresentada em detalhes ao longo da próxima seção.

Tabela 1: Resumo das principais plataformas comerciais de portfólios eletrônicos.

	Foliotek	Seelio	Mahara
Propósito	Prestação de Contas e Marketing.	Marketing e Prestação de Contas.	Aprendizagem.
Facilita a Reflexão?	Não. Seus mecanismos podem ser adaptados para este fim, mas não é o objetivo original da plataforma.	Não. O aluno é incentivado apenas a compartilhar histórias de sucesso.	Sim. Incentiva a troca de feedbacks entre professores e alunos, bem como prove espaço para as anotações pessoais do estudante.
Facilita a Mediação?	Sim. Conta com ferramentas de analytics.	Sim. Conta com ferramentas de analytics.	Sim. Conta com ferramentas de analytics.
Constitui um produto?	Sim.	Sim.	Sim. Embora não seja o objetivo original da plataforma, permite a conversão das evidências em formato de currículo.

Disponibilidade	Versão demo gratuita, planos especiais pagos para instituições de ensino.	Gratuito.	Gratuito – open source.
Adequação à instituição	Não. Seus mecanismos podem ser adaptados para este fim, mas não é o objetivo original da plataforma.	Não.	Sim. Prevê a personalização de funcionalidades e papéis dos usuários dentro do sistema.

4 Metodologia e Planejamento do Experimento

Durante a fase de planejamento, identificou-se a necessidade de investigar se o relato sistemático via portfólio seria capaz de influenciar na forma como alunos refletiam sobre o erro em programação. Optou-se, então, por seguir a metodologia exposta em Sampieri, Collado e Lucio (2013) sobre o uso de métodos quantitativos: uma forma de quantificar as principais mudanças dos alunos com relação ao modo como estes encaravam o erro antes e após a utilização do portfólio, identificando um possível ganho a partir do uso dos relatos.

O portfólio escolhido foi o Foliotek, visto que sua utilização é gratuita e independe da adoção do sistema pelo restante da instituição de ensino. Seu método de uso necessitou ser adaptado a fim de priorizar os relatos individuais dos alunos. A utilização desta plataforma, embora oportuna, é uma das principais limitações da pesquisa, pois não oferece o cenário ideal para criação e catalogação dos relatos de modo confortável. Conforme descrito na Seção 3 deste trabalho, o Foliotek tem como propósitos originais a prestação de contas e o marketing, não possuindo mecanismos para que o professores e alunos troquem feedbacks, tampouco espaços onde o estudante possa registrar suas reflexões de modo privado. Assim, as guias de publicação de evidências em formato de texto teriam de ser adaptadas e interpretadas como cadernos de relatos.

O experimento proposto teve o objetivo de promover, ao longo de um semestre, a utilização de portfólios em disciplinas de programação. Consiste nas seguintes fases: apresentação do experimento para instituição e professores responsáveis; apresentação do experimento para alunos e coleta dos termos de participação voluntária; divisão dos voluntários entre grupo teste e grupo controle (a fim de verificar se possíveis ganhos podem ser atribuídos ao uso de relatos ou são referentes a fatores externos); aplicação de questionário para coletar dados acerca do perfil dos sujeitos analisados; aplicação de questionário pré-experimento visando identificar o sentimento dos alunos com relação ao erro cometido em programação; somente para o grupo teste: criação de um portfólio para cada aluno voluntário na plataforma Foliotek, a fim de que estes cataloguem as evidências criadas no curso e relatem suas experiências diárias; após cobertura da ementa proposta na disciplina, aplicação de questionário pós-experimento visando identificar o sentimento dos alunos com relação aos erros (a ser aplicado em ambos os grupos); e, por fim, análise dos dados coletados.

De posse da metodologia, bem como dos artefatos necessários ao seu desenvolvimento, o experimento foi por fim aplicado em disciplinas introdutórias de programação de duas instituições do Ensino Superior de Pernambuco, sendo uma pública e outra particular. As disciplinas escolhidas possuíam currículos distintos. A primeira destinava-se a ensinar fundamentos da construção de sistemas web, onde os alunos tiveram um primeiro contato com a linguagem SQL, num módulo de banco de dados, e com a linguagem PHP, no módulo de desenvolvimento. A segunda disciplina destinava-se a introduzir os conceitos de lógica programação através de um ambiente de desenvolvimento visual, com sintaxe simplificada. Desta forma, os alunos puderam

focar na criação e manipulação dos algoritmos sem preocupações quanto à particularidade de linguagens de programação.

O relato completo acerca da condução do experimento, as dificuldades observadas e a compilação dos resultados imediatos encontram-se descritos na próxima seção deste trabalho.

5 Condução do Experimento e Resultados Obtidos

Participaram do estudo 18 voluntários, sendo 8 participantes do grupo teste e 10 do grupo controle. A composição do grupo teste foi de 5 alunos da primeira instituição e 3 da segunda, enquanto o grupo controle contou com 5 alunos da primeira instituição e 5 da segunda. O perfil dos estudantes dos dois grupos foi similar, com a predominância de alunos com pouca ou nenhuma experiência em programação e que nunca haviam tido contato com portfólios ou relatos sistemáticos. A idade dos voluntários variou entre 18 e 35 anos no grupo teste e 17 e 36 anos no grupo controle, sendo a distribuição por gênero de 87% homens e 13% mulheres no grupo teste contra 90% homens e 10% mulheres no grupo controle. Ainda sobre o perfil dos voluntários, pediu-se que estes avaliassem o próprio rendimento em sala de aula, classificando-os em “Ótimo”, “Bom”, “Regular” ou “Ruim”. No grupo teste, 82% dos alunos avaliou seu desempenho como “Bom”, enquanto 18% o classificou como “Regular”. No grupo controle, apenas 20% dos alunos classificou o próprio desempenho como “Bom”, contra 80% de classificações na categoria “Regular”. Nenhum dos participantes do experimento avaliou seu rendimento nas categorias “Ótimo” ou “Ruim”.

O questionário aplicado tanto no pré-experimento quanto no pós-experimento consistiu de Escalas Likert, cujas perguntas encontram-se exibidas na Figura 1. Algumas das questões formam complementos ou simetrias com outras perguntas do questionário. Tal manobra tem o objetivo de checar a validade das respostas anteriores e evitar que o texto da questão influencie a resposta dos participantes (Sampieri, Collado & Lucio, 2013). As turmas foram acompanhadas ao longo de um semestre letivo.

1. *Me sinto motivado por exercícios e desafios difíceis.*
2. *Quando cometo erros em exercícios ou não consigo resolvê-los, acho que o problema está em mim.*
3. *Pessoas talentosas ou mais inteligentes cometem menos erros em suas tarefas.*
4. *Costumo aprender observando meus próprios erros.*
5. *Se não consigo resolver um exercício, não devo ter aprendido muito sobre o assunto mostrado em aula.*
6. *Quando me deparo com exercícios difíceis e que não consigo resolver rapidamente, me sinto desmotivado.*
7. *Acredito que errar faz parte do meu processo de aprendizagem.*

Figura 1: Perguntas dos questionários pré e pós-experimento.

O primeiro contato com os alunos consistiu em uma apresentação presencial acerca do experimento, explicando o objetivo geral da pesquisa e suas respectivas etapas. Neste momento agiram como mediadores os professores das disciplinas e as pesquisadoras envolvidas.

Após a apresentação do estudo e preenchimento dos termos e questionários, a ferramenta Foliotek foi apresentada. Houve uma breve explanação acerca de seu propósito, seguida de uma explicação sobre as funcionalidades da plataforma. Foi descrita, com o auxílio do professor, a metodologia de uso do portfólio dentro de cada disciplina. Um tutorial de criação de usuário e um portfólio exemplo foram disponibilizados aos alunos (o portfólio exemplo encontra-se representado na Figura 2).

Ao longo das aulas seguintes, os professores propuseram atividades e projetos que pudessem ser registrados na ferramenta. A cada novo exercício, os alunos eram convidados a compartilhar seus códigos no Foliotek, juntamente a um documento contendo comentários sobre erros, acertos e a experiência geral de aprendizado. Para auxiliá-los, foi disponibilizada uma guia de perguntas a serem respondidas sobre cada exercício catalogado, para fomentar o processo de reflexão sobre o erro. Os alunos ficaram livres para registrar qualquer tipo de erro ou dificuldade, fossem eles erros sintáticos, semânticos ou lógicos. As perguntas contidas na guia disponibilizada encontram-se descritas na Figura 3.

Com relação ao tipo de erro relatado nas evidências cadastradas, foi possível notar uma distinção entre o perfil das duas turmas. Na primeira turma, que lidava com linguagens de programação a fim de construir um sistema web, foi possível encontrar a predominância de erros lógicos e, em menor escala, semânticos, uma vez que a maior dificuldade dos alunos era conseguir integrar os diferentes módulos do programa e fazer com que as diferentes funções se comportassem conforme o esperado. Na segunda turma, destinada a aprender os fundamentos da programação, o número de relatos contendo erros semânticos e sintáticos foi maior.



Figura 2: Capa do portfólio Foliotek fornecido como exemplo aos estudantes.

Ao longo do semestre, os alunos relataram uma crescente familiaridade com o processo de reflexão sobre o erro, ficando mais à vontade para aprofundar suas reflexões e expor fatores pessoais, como, citando um dos exemplos apurados, a desatenção provocada por uma aula cujo horário ocorria após a jornada de trabalho do aluno. Quanto mais cadastravam evidências no portfólio, mais criavam os relatos segundo suas próprias narrativas, abandonando as perguntas sugeridas na guia fornecida como exemplo.

Foi identificada uma dificuldade inicial com a manipulação do Foliotek, cuja interface mostrou-se confusa: por não priorizar o propósito de aprendizagem, seu uso precisou passar por algumas adaptações previamente combinadas com os alunos. Devido às limitações da própria ferramenta em sua versão gratuita, existem poucas opções de personalização, o que impediu uma

experiência completa por parte dos estudantes. A restrição da versão gratuita a um único projeto por perfil também impossibilitou que os portfólios pudessem ser agregados a outras disciplinas cursadas durante o período observado. No entanto, estas dificuldades foram superadas ao longo do semestre. Os alunos também demonstraram interesse por uma versão mobile, que facilitaria a edição do portfólio no ambiente da sala de aula.

- Quais conceitos vistos em sala de aula foram utilizados na resolução do exercício?
- Quais foram as suas dificuldades/erros e porque você acha que eles ocorreram?
- Como você chegou à resolução do exercício?
- O que foi aprendido ou reforçado durante a resolução?
- Como você se sentiu durante a resolução? E como estava o ambiente ao seu redor?
- Que tal contar alguma curiosidade ou reflexão que você vivenciou durante este exercício?

Figura 3: Guia de auxílio à reflexão fornecida aos alunos.

Professores e pesquisadoras permaneceram acessíveis para auxiliar os alunos em suas dúvidas com relação à plataforma. Embora sugerido, não houve compartilhamento de relatos ou feedbacks entre os alunos, sobretudo por esta atividade não ser suportada pelo Foliotek, outra limitação deste experimento.

Pelo fato de os portfólios estarem limitados ao espaço de apenas duas disciplinas, não houve a possibilidade de promover uma cultura de utilização que englobasse toda a instituição. Elango, Jutti e Lee (2005) apontam que, sendo assim, corre-se o risco de que os alunos encarem o portfólio apenas como uma obrigação imposta ou um novo método avaliativo e passageiro. Este tipo de posicionamento afasta o aluno do protagonismo de seu aprendizado e o deixa desconfortável para compartilhar livremente reflexões e opiniões sobre suas vivências no aprendizado da programação. Para deixar os alunos à vontade, optou-se por não atribuir nota ou avaliação sobre o portfólio (a presença ativa no experimento contaria apenas como nota de participação, uma pontuação extra).

Os dados coletados nos questionários pré e pós-experimento foram compilados e analisados. A Tabela 2 apresenta a comparação entre grupo teste e grupo controle, antes e após a realização do experimento. Segundo as recomendações de Sampieri, Collado e Lucio (2013) e considerando o caráter discreto e opinativo de escalas Likert, optou-se por verificar as medidas de média e moda de cada grupo e, para assegurar se houve ou não ganho significativo entre os resultados, foi realizado o Teste de Wilcoxon-MannWhitney (Dancey & Reidy, 2013) devido ao tamanho reduzido da amostra e a inexistência de uma distribuição normal. O nível de confiança considerado foi de $\alpha = 0.05$. O resultado dos testes para cada pergunta encontra-se na última coluna da tabela (p-value).

Tabela 2: Comparação dos dados obtidos entre grupo teste e grupo controle.

	Grupo Teste				Grupo Controle				O Grupo Teste obteve melhores resultados?
	Pré-Experimento		Pós-Experimento		Pré-Experimento		Pós- Experimento		
	Média	Moda	Média	Moda	Média	Moda	Média	Moda	
Questão1	4	{3,5}	4,5	5	3,1	4	3,6	4	Sim (p-value = 0,034)
Questão2 *	3,5	4	3,1	2	3,7	4	2,9	3	Não (p-value = 0,817)
Questão 3 *	3,3	4	3	3	3,8	{3,4,5}	3,4	3	Não (p-value = 0,598)
Questão 4	4,1	4	4,7	5	3,4	3	3,5	{3,4}	Sim (p-value = 0,001)
Questão 5 *	4,2	5	2,6	2	3,5	{3,4}	3	3	Sim (p-value = 0,341)
Questão 6 *	3,1	{2,3,5}	2,2	3	4	4	3,6	4	Sim (p-value = 0,008)
Questão 7	4,3	5	4,8	5	5,2	4	3,8	4	Sim (p-value = 0,002)

É importante frisar que nem sempre a resposta que melhor denota a reflexão sobre o erro e o reconhecimento de seus benefícios segue a lógica numérica. Em alguns casos a discordância do aluno é desejada, gerando uma resposta de valor 1, e em outros o melhor é sua anuência, gerando uma resposta de valor 5. Assim, nem sempre uma média ou moda de valor alto representará um resultado ideal. A fim de evitar equívocos desta natureza, as questões cuja moda e média ideal é 1 foram indicadas na tabela com um asterisco. É possível notar que, de modo geral, o grupo teste obteve um desempenho melhor do que o apresentado pelo grupo controle, demonstrando uma maior evolução nos valores de média e moda em cinco das sete questões analisadas.

O grupo controle apresentou melhores resultados apenas nas Questões 2 e 3, ambas relativas à percepção do aluno sobre o erro enquanto evidência de falta de talento ou falha pessoal. Uma possibilidade para explicar este fato é a de que, por não compartilharem os portfólios uns com os outros e trocarem feedbacks com seus pares, os estudantes do grupo teste deixaram de conhecer o processo de aprendizagem dos colegas, o que poderia melhorar suas percepções sobre a naturalidade de cometer erros. Paulson, Paulson e Meyer (1991) apontam os benefícios da troca de feedbacks entre usuários de portfólios. Porém, é importante observar que houve melhora para ambos os grupos.

A Questão 5, sobre como os estudantes associam os erros cometidos com o não aproveitamento do conteúdo exposto em sala de aula, apresentou uma das maiores evoluções relativas entre grupo teste e controle (considerando média e moda). Ainda assim, o teste de hipótese para esta questão foi rejeitado, indicando uma diferença não significativa na distribuição dos resultados. No entanto, embora ambos os grupos tenham tido resultados pós-teste similares, a evolução individual de cada grupo (a comparação entre os resultados pré e pós-teste de cada grupo separadamente) não pode ser descartada. De fato, existe uma preocupação de que o Teste de Wilcoxon-Mann-Whitney possa ter deficiências em identificar alguns efeitos reais em escalas

Likert⁵. Assim, o método aproxima a distribuição dos gráficos pós-experimento mas ignora as evoluções individuais de cada grupo. Assim, optou-se por considerar que houve melhora nesta questão.

É possível que a evolução nos resultados do grupo teste deva-se ao fato de que, ao registrar a evidência no portfólio e dissertar sobre as principais dificuldades de cada exercício, os alunos acabem por refletir acerca dos conteúdos apresentados pelo professor e os raciocínios aplicados à tarefa. Dessa forma, é possível que se tornem mais conscientes com relação à retenção do que foi visto em sala de aula. Tal suposição estaria alinhada ao trabalho de Barrett (2010) acerca das reflexões passada e presente oferecidas pelo portfólio.

As Questões 1 e 6, complementares com relação à motivação dos estudantes, apresentaram uma boa evolução por parte do grupo teste, onde ao fim do experimento os alunos disseram sentir-se mais motivados diante de desafios. Este resultado encontra-se coerente com a noção de histórico de evolução do aprendizado apresentada por (Cambridge, 2001), onde o uso constante do portfólio acaba por criar a sensação de avanço contínuo. Desta forma, mesmo diante de erros, os alunos demonstram maior tolerância a atividades desafiadoras, por entenderem se tratar de um novo passo evolutivo em seu aprendizado.

As Questões 4 e 7, relativas ao entendimento do erro enquanto ferramenta de aprendizado, também apresentaram bons resultados no comparativo entre os dois grupos, um efeito esperado da promoção da reflexão sobre o erro. Na Questão 7, sobre o entendimento do erro como parte inerente ao aprendizado, é possível observar que, além de melhora no grupo teste, houve também uma piora na média do grupo controle.

As principais conclusões após análise dos gráficos e métricas obtidos é a de que, embora o uso dos relatos não tenha influenciado no aspecto negativo cultural do erro (não houve melhora significativa na percepção dos alunos em associar falhas à falta de aptidão), existiram ganhos em outros aspectos, como maior motivação diante de tarefas desafiadoras, maior compreensão do erro enquanto oportunidade de aprender e desassociação entre o ato de errar e a não-compreensão dos assuntos abordados em sala de aula.

À luz do experimento exposto acima, é possível afirmar que o uso de relatos via portfólio em disciplinas de programação influenciou positivamente a forma como os alunos compreendem e se relacionam com os erros cometidos.

6 Considerações Finais

Este trabalho teve como objetivo investigar o uso de portfólios na criação de relatos para cursos de programação do Ensino Superior, com foco na reflexão e no aprendizado referentes aos erros cometidos. A motivação para esta investigação veio da necessidade de desmistificar o erro no ensino de programação, considerado uma das fases mais importantes da aprendizagem.

Embora o potencial reflexivo e centralizador dos portfólios esteja evidenciado na literatura e existam indícios positivos sobre o uso de relatos sistemáticos, não foram encontrados estudos voltados à reflexão sobre o erro no Ensino Superior, e nem estudos referentes ao uso de portfólios

⁵ How to Analyze Likert Scale Data: <http://statisticsbyjim.com/hypothesis-testing/analyze-likert-scale-data/>

eletrônicos em disciplinas de programação, sobretudo com foco na criação de relatos. Diante deste cenário, foi montado um experimento para mensurar a evolução do sentimento dos alunos para com os erros cometidos.

Participaram do experimento duas turmas de introdução à programação do Ensino Superior, ambas submetidas ao uso da plataforma Foliotek para criação de relatos ao longo de um semestre. Os alunos foram divididos entre grupo teste e grupo controle. Questionários pré e pós experimento foram aplicados para captar a evolução dos alunos, assim como foram analisadas as evidências cadastradas pelos voluntários em seus respectivos portfólios. O experimento concluiu que o grupo submetido ao uso do Foliotek apresentou melhores resultados, lidando de maneira mais positiva com os erros cometidos.

Dentre as contribuições desta pesquisa está a discussão acerca da reflexão sobre o erro e sua interpretação em sala de aula; discussão sobre o uso de portfólios e seu potencial educativo através de relatos sistemáticos e estudo quantitativo acerca da adoção de portfólios eletrônicos em disciplinas de programação no Ensino Superior.

Como trabalhos futuros, espera-se ter a oportunidade de acompanhar as turmas por períodos mais extensos, a fim de observar os efeitos da adoção do portfólio a longo prazo. Tanto Cambridge (2001) quanto Bryant e Chittum (2013) indicam que este é um passo importante para observar a emergência de uma “cultura de uso” dos portfólios, cujos benefícios podem não ser completamente observáveis quando analisados em períodos mais curtos. Também planeja-se fazer uso de ferramentas próprias, desenvolvidas com foco exclusivo na aprendizagem. Estas ferramentas eliminariam as limitações encontradas na plataforma Foliotek, como a ausência de um espaço dedicado às reflexões pessoais do estudante e de troca de feedback entre alunos.

Por fim, espera-se ainda explorar, em oportunidades futuras, outros paradigmas de programação e linguagens, analisando o impacto dos portfólios e do uso de relatos em diferentes cenários e conteúdos. Assim, seria possível também observar os efeitos da adoção de portfólios frente às competências e habilidades requisitadas nas diferentes ramificações da Computação.

Espera-se que os resultados desta pesquisa possam expandir o conhecimento da área e auxiliar na desmistificação do erro e consequente aproveitamento de seu potencial educador.

Agradecimentos

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

Referências

- Barrett, H. (2004). *Differentiating Electronic Portfolios and Online Assessment Management Systems*. The Annual Conference of the Society for Information Technology in Teacher Education, Atlanta. Retrieved from <http://helenbarrett.com/portfolios/SITE2004paper.pdf>.
- Barrett, H. (2010). *Balancing the two faces of eportfolios*. Educação, Formação e Tecnologias, 3, 6-14. Retrieved from <https://eft.educom.pt/index.php/eft/article/viewFile/161/102>.
- Barrett, H., & Carney, J. (2005). *Conflicting Paradigms and Competing Purposes in Electronic Portfolio Development*. Educational Assessment - Assessing Technology Competencies. Retrieved from <https://electronicportfolios.com/systems/paradigms.html>.

- Bryant, L. H., & Chittum, J. R. (2013). *ePortfolio Effectiveness: A(nIll-Fated) Search for Empirical Support*. International Journal of ePortfolio, 3, 189-198. Retrieved from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1107810.pdf>.
- Butler, P. (2006). *A Review of the Literature on Portfolios and Electronic Portfolios*. Retrieved from <https://eduforge.org/docman/view.php/176/1111/ePortfolio%20Project%20Research%20Report.pdf>.
- Cambridge, L. B. (2001). *Electronic portfolios: emerging practices in student, faculty, and institutional learning*. Washington, DC: American Association for Higher Education. [GS Search]
- Cannon, M., & Edmonson, A. (2005). *Failing to Learn and Learning to Fail (Intelligently): how great organizations put failure to work to innovate and improve*. Elsevier Long Range Planning, 38. doi: [10.1016/j.lrp.2005.04.005](https://doi.org/10.1016/j.lrp.2005.04.005) [GS Search]
- Chan Mow, I. (2012). *Analyses of Student Programming Errors in Java Programming Courses*. Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences, 3(2). Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/1418/2332e7a63fad712bc0bc1553fe87ad2f2f85.pdf>.
- Dancey, C., & Reidy, J. (2013). *Estatística sem Matemática (5ª edição)*. Porto Alegre, RS: Penso Editora. [GS Search]
- Elango, S., Jutti, R., & Lee, L. (2005). *Portfolio as a learning tool: students' perspective*. Ann Acad Med Singapore, 34(8), 511-514. Retrieved from <http://www.annals.edu.sg/pdf/34volno8200509/v34n8p511.pdf>.
- Gomes, M., Becker, L., Gestaro, L., Amaral, E., & Tarouco, L. (2015). *Um estudo sobre erros em programação: reconhecendo as dificuldades de programadores iniciantes*. Anais dos Workshops do IV Congresso Brasileiro de Informática na Educação. doi: [10.5753/cbie.wcbie.2015.1398](https://doi.org/10.5753/cbie.wcbie.2015.1398) [GS Search]
- Kutzke, A. (2015). *Informática educacional e a mediação do erro na educação: um estudo teórico-crítico e uma proposta de instrumento computacional (tese)*. Doutorado em Informática. Universidade Federal do Paraná. Retrieved from <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/40907>.
- Kutzke, A., & Direne, A. (2016). *Mediação do erro no ensino de programação de computadores: fundamentos e aplicação da ferramenta farma-alg*. Anais dos Workshops do V Congresso Brasileiro de Informática na Educação. doi: [10.5753/cbie.wcbie.2016.1050](https://doi.org/10.5753/cbie.wcbie.2016.1050) [GS Search]
- Martins, L. M. (2013). *O Desenvolvimento do Psiquismo e a Educação Escolar: contribuições à luz da psicologia histórico-cultural e da pedagogia histórico-crítica*. São Paulo: SP: Autores Associados. [GS Search]
- McIver, L. (2000). *The Effect of Programming Language on Error Rates of Novice Programmers*. 12th Workshop of the Psychology of Programming Interest Group, 181–192. Retrieved from <http://www.ppig.org/library/paper/effect-programming-language-error-rates-novice-programmers>.
- Menezes, C., & Nobre, I. (2002). *Um ambiente cooperativo para apoio a cursos de introdução a programação*. Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, 22. [GS Search]
- More, A., Kumar, J., & Renumol, V. (2011). *Web based programming assistance tool for novices*. IEEE International Conference on Technology for Education, 270-273. doi: [10.1109/T4E.2011.55](https://doi.org/10.1109/T4E.2011.55) [GS Search]

- Paulson, F. L., Paulson, P. R., & Meyer, C. (1991). *What makes a portfolio a portfolio?* Educational Leadership Journal, 48 (5), 60-63. Retrieved from <http://web.stanford.edu/dept/SUSE/projects/ireport/articles/e-portfolio/what%20makes%20a%20portfolio%20a%20portfolio.pdf>.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, M. P. B. (2013). *Metodologia de pesquisa* (5ª edição). Porto Alegre, RS: AMGH. [[GS Search](#)]
- Serconek, G. C. (2011). *As perspectivas de conhecimento e o enfoque histórico-cultural de mediação do erro*. Anais do V Encontro Brasileiro de Educação e Marxismo: Marxismo, Educação e Emancipação Humana. [[GS Search](#)]
- Vygostky, L. S. (2009). *A construção do pensamento e da linguagem*. São Paulo, SP: Martins Fontes. [[GS Search](#)]
- Watson, C., & Li, F. (2014). *Failure Rates in Introductory Programming Revisited*. Proceedings of the 2014 conference on Innovation technology in computer science education (ITiCSE '14), 39-44. doi: [10.1145/2591708.2591749](https://doi.org/10.1145/2591708.2591749) [[GS Search](#)]