

## **THE USE OF GAMIFICATION TO INCREASE PRODUCTIVITY: EXPERIMENT IN A SOFTWARE DEVELOPMENT COMPANY**

Rodrigo Pereira Fraga - MACKENZIE - UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE - Orcid:

<https://orcid.org/0000-0003-3105-2412>

Gilberto Perez - MACKENZIE - UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6624-0643>

Alexandre Cappelozza - UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1539-1230>

The objectives of the study are as follows: 1) Model gamification aimed at generating productivity in the context of a software development company; 2) Evaluate possible impacts of gamification on productivity in the context of software development. Gamification is the "use of game design elements in non-game-related contexts" (Deterding et al, 2011: 1). Generally, gamification is used in a learning environment. The originality of this study was the application of gamification concepts in a software development environment. In this research, time-series experiments were carried out in six groups (software development teams), with a project manager for every three teams (two in total) and for each team, three software engineers. As a result, it could be seen that in four out of six (66.6%) groups that participated in the experiment, there was a significant increase in productivity, thus confirming Assumption P1: Gamification can significantly increase productivity. As for the procedures used to obtain the results, it was noted that using a time series experiment for data acquisition as a research strategy made it possible to carry out a more accurate analysis over time. For management, the alternative of using the concepts of Gamification in order to increase productivity, such as in a software development environment, is interesting. Another contribution lies in the fact that Gamification is fully applicable in business administration research.

Keywords: GAMIFICATION, PRODUCTIVITY, SOFTWARE DEVELOPMENT, SOFTWARE, SOFTWARE PRODUCTIVITY

## **O USO DA GAMIFICAÇÃO PARA O AUMENTO DA PRODUTIVIDADE: EXPERIMENTO EM UMA EMPRESA DE DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE**

São os seguintes, os objetivos do estudo: 1) Modelar uma gamificação voltada para gerar produtividade no contexto de uma empresa de desenvolvimento de software; 2) Avaliar possíveis impactos da gamificação na produtividade no contexto de desenvolvimento de software. Gamificação é o "uso de elementos de design de jogos em contextos não relacionados a jogos" (Deterding et al, 2011: 1). Geralmente, a gamificação é utilizada em ambiente de aprendizagem. A originalidade deste estudo foi a aplicação dos conceitos de gamificação em ambiente de desenvolvimento de software. Nesta pesquisa foram realizados experimentos de série temporal em seis grupos (times de desenvolvimento de software), sendo um gerente de projeto para cada três times (dois ao todo) e em cada time, três engenheiros de software. Como resultado, pôde-se constatar, que em quatro de seis (66,6%) grupos que participaram do experimento, notou-se um aumento significativo da produtividade, confirmando então o Pressuposto P1: A gamificação pode aumentar de forma significativa a produtividade. Quanto aos procedimentos utilizados para se chegar aos resultados, notou-se que utilizar como estratégia de pesquisa, o uso de experimento de série temporal para aquisição dos dados, tornou-se possível realizar uma análise mais apurada ao longo do tempo. Para a gestão, a alternativa de se utilizar os conceitos de Gamificação com a finalidade de obter o aumento de produtividade, com por exemplo, em ambiente de desenvolvimento de software, mostra-se interessante. Outra contribuição reside no fato de a Gamificação ser totalmente aplicável em pesquisas de administração de empresas.

Palavras-chave: GAMIFICAÇÃO, AUMENTO DA PRODUTIVIDADE, DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE, SOFTWARE, PRODUTIVIDADE

# **O USO DA GAMIFICAÇÃO PARA O AUMENTO DA PRODUTIVIDADE: EXPERIMENTO EM UMA EMPRESA DE DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE**

## **Resumo**

Com esta pesquisa verificou-se a relação de causalidade entre a gamificação e a produtividade no contexto de desenvolvimento de software. Para a realização da pesquisa foram estudados os dois conceitos na definição de autores seminais, os quais foram confrontados com trabalhos mais recentes na busca de uma definição consistente de produtividade e encontrar elementos de gamificação que pudessem produzir produtividade no trabalho. Elaborou-se o Pressuposto P1: A gamificação pode aumentar de forma significativa a produtividade. Para verificar este pressuposto foi realizado um experimento em uma empresa de desenvolvimento de software durante 149 dias, no primeiro semestre de 2017, com 6 grupos de profissionais, sendo comparados os dados de velocidade e qualidade (produtividade parcial), antes e depois de se aplicar uma gamificação voltada para produtividade, gerando um total de 530 registros coletados. Como resultado, em quatro de seis grupos (66,6%) notou-se um aumento significativo da produtividade, confirmando então o Pressuposto P1.

**Palavras-chave:** Gamificação, Produtividade, Desenvolvimento de Software.

# **THE USE OF GAMIFICATION TO INCREASE PRODUCTIVITY: EXPERIMENT IN A SOFTWARE DEVELOPMENT COMPANY**

## **Abstract**

With this research, the causal relationship between gamification and productivity in the context of software development was verified. To carry out the research, these two concepts were studied in the definition of seminal authors, which were confronted with more recent works searching for a consistent meaning of productivity and finding gamification elements that could produce productivity at work. We elaborate the Assumption P1: Gamification can significantly increase productivity. To verify this assumption, an experiment was carried out in a software development company for 149 days, in the first half of 2017, with six groups of professionals, comparing the speed and quality data (partial productivity), before and after applying productivity-oriented gamification, generating a total of 530 records collected. As a result, in four out of six groups (66.6%), a significant increase in productivity was noted, thus confirming the Assumption P1.

**Keywords:** Gamification, Productivity, Software Development.

## 1. Introdução

A busca pela obtenção da alta produtividade no trabalho, e de maneira contínua é um desafio constante para as organizações, ao longo de sua existência. Diversas soluções combinadas são utilizadas para atingir esse objetivo, como por exemplo, participação nos lucros e resultados, processo de trabalho padronizado, desenvolvimento de equipes de alto desempenho entre outras.

Desde 2012, 70% das 2000 organizações globais elencadas pela Forbes que incluem Apple, General Electric, Microsoft e SAP SE estão utilizando soluções baseadas em jogos para aumentar o engajamento e a produtividade dos seus colaboradores. A gamificação surge como conceito que explica esse fenômeno. De acordo com Burke (2012), especialista do Gartner Group, a gamificação mostra-se como uma poderosa ferramenta para as empresas utilizarem, pois promete gerar comportamentos desejados em seus produtos e em seus processos, incluindo a complexa atividade de desenvolvimento de software.

A pesquisa sobre gamificação é relativamente recente, tendo aparecido inicialmente no campo da indústria de mídia digital, passando a ser estudada nas áreas de educação e recentemente explorado nas empresas (Neidenbach, 2020). De acordo com Deterding, Dixon, Khaled e Nacke (2011), a gamificação diz respeito a utilizar elementos de jogos em contextos que não são de jogos para mudar o comportamento e encorajar interações sociais entre os envolvidos. Nos processos das empresas, é como se criasse um mecanismo que por meio de regras, desafios, pontuações, e recompensas, causasse estímulos nos colaboradores para produzirem mais, porém, de maneira menos rígida, divertida e competitiva. Algo como se estivessem jogando, mas na verdade trabalhando envolvidos nos elementos da gamificação herdados dos jogos.

Nas empresas de desenvolvimento de software, também chamadas "*software house*" ou "fábrica de software" experienciam desafios constantes para produzir mais rápido, sem perder o controle da qualidade. A engenharia de produção e a engenharia de software produziram diversas metodologias e técnicas para apoiar estas dificuldades. Entretanto, apesar do avanço, muitos projetos de desenvolvimento de software produzem artefatos de baixa qualidade ou extrapolam os orçamentos e cronogramas (Mark, 2014). Isso ocorre não apenas porque as tecnologias e metodologias ainda exigem investigações adicionais, mas principalmente por causa de fatores humanos.

Enquanto empresas de manufatura em geral utilizam vários insumos além da mão de obra humana, as empresas de desenvolvimento de software, têm como principal ativo os engenheiros de software, nos quais, a experiência, motivação e disciplina dos profissionais representam ingredientes cruciais para a alta produtividade (Jensen, 2014). Agregar os elementos da gamificação nesse contexto parece ser interessante para tentar aumentar a produtividade.

Com relação à gamificação, observa-se que ocorre uma carência de compreensão dos reais efeitos de suas funcionalidades e particularidades (Koivisto & Hamari, 2019). Sendo assim, vários estudos de revisão (Klock et al., 2029) abordando o tema foram realizados, com a finalidade de obter uma melhor compreensão do fenômeno, ampliando-se assim, a base de conhecimento sobre o tema.

Com base no que foi apresentado até aqui, a questão de pesquisa para a qual se buscou a resposta é: **O uso da gamificação pode afetar a produtividade no contexto de desenvolvimento de software?** Para responder esta questão de pesquisa foi definido como objetivo geral investigar a causalidade da gamificação em relação a produtividade medida pela velocidade e controle de qualidade no contexto de desenvolvimento de software. São os seguintes, os objetivos específicos: 1) Modelar uma gamificação voltada para gerar

produtividade no contexto de uma empresa de desenvolvimento de software; 2) Avaliar possíveis impactos da gamificação na produtividade no contexto de desenvolvimento de software.

## **2. Fundamentação Teórica**

### **2.1. Gamificação: Conceitos**

O termo Gamificação é uma tradução comumente utilizada em trabalhos nacionais referente ao conceito em inglês *Gamification*, termo este que nasceu como um conceito complexo e controverso. Gamificação é o "uso de elementos de design de jogos em contextos não relacionados a jogos" (Deterding et al., 2011: 1). Um modelo frequentemente usado para gamificação é igualar uma atividade no contexto de não jogo com pontos e ter recompensas externas por atingir limites de pontos especificados.

Desde meados da década de 2000, o conceito vem aparecendo e criando forma. Inicialmente, o termo *Gamification* foi cunhado em 2002 por Nick Pelling, um britânico programador de jogos que usou o termo para descrever a ideia de que os fabricantes de eletrônicos poderiam melhorar seus produtos inserindo lições aprendidas na indústrias de jogos.

Porém, a ideia só começou ter a atenção da indústria e da academia anos mais tarde (Groh, 2012; Marczewski, 2013, Tondello et al., 2016, Huotari & Hamari, 2017; Hamari, 2019). Em 2011, o Gartner Group sugeriu uma definição em seu relatório de pesquisa *Hype Cycle for Emerging Technologies* classificando a *Gamification* como uma tendência a ser utilizado pelas empresas com o objetivo de trazer inovação, melhorar capacitação, aumentar desempenho de colaboradores, melhorar a saúde das pessoas, sendo aplicado a serviços/produtos, aplicativos e processos empresariais (Fenn & Lehong, 2011).

Concorrente ao termo gamificação, outros termos têm sido introduzidos como "jogos de produtividade", "*funware*", "jogos comportamentais", "*gamiware*" entre outros. Mesmo assim, o termo *Gamification* passou a ser o mais aceito e o mais utilizado (Deterding et al., 2011: 9).

#### **2.1.1. Os Elementos de Jogos na Gamificação**

Deterding et al. (2011: 9) classificam a gamificação como *playfulness* (relacionado a uma disposição natural para o comportamento lúdico), isto é, quando se joga um tipo de jogo realizando outras atividades. Isso só é possível por conta do design, mecânica e os elementos de jogos contidos na gamificação.

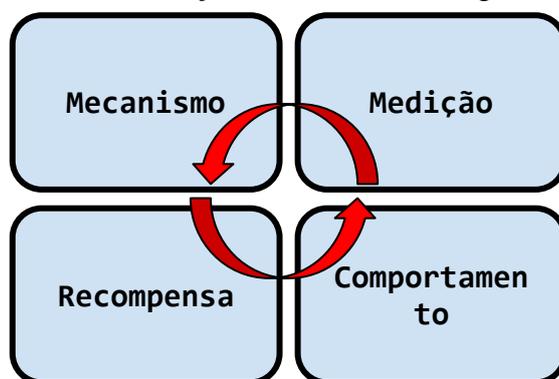
Reeves e Read (2013) elencaram diversos elementos de jogos para serem aplicados no mundo real, sem necessariamente falar de gamificação. Há sugestões de elementos como avatares para os envolvidos, contexto narrativo, *feedback*, reputação, ranqueamento, níveis, mercados e economias internas, competição dentro de regras explícitas, times de competição, pressão de tempo, e a implementação de sistemas de comunicação voltados para os participantes.

Kankanhalli et al. (2012) definiram sete elementos chaves para uso na gamificação: (i) pontos - os usuários podem ganhar diferentes tipos de pontos conforme a participação e os envolvidos; (ii) emblemas virtuais - os usuários podem colecionar emblemas que visualmente indicam suas conquistas de tarefas e missões; (iii) classificação - permite que os usuários comparem seus desempenhos entre eles assim como estimula a competição; (iv)

níveis e status - os níveis mostram o progresso e podem vir acompanhados de um status conforme o valor do nível como "novato" e "sênior"; (v) missões e desafios - missões e desafios guiam os usuários a desempenharem tarefas pré-definidas, ajudando os inexperientes a aprenderem como progredirem em conformidade com o modelo de Dreyfus e Dreyfus (1980), que define estágios de maturidade em relação a necessidade de aquisição de habilidades; (vi) progresso - ferramenta visual que demonstra o avanço dos usuários e o trabalho remanescente para atingir um objetivo, causando motivação em concluir a tarefa; e (vii) *loops* virais - gatilhos que permitem os usuários repetirem determinadas tarefas que agregam, como no caso de aplicativos que o usuário ganha mais vantagens caso convidar outros usuários a aderirem o produto.

Teh (2015) propôs uma discussão interessante em busca de uma classificação para os elementos de jogos utilizados na gamificação, formando um modelo (Figura 1) organizado em: a) Mecanismo - diz respeito aos elementos que formam a mecânica de jogo na gamificação, como por exemplo, um mecanismo de recompensa para gerar incentivo (recompensas) ou desincentivos (penalidades); b) Medição - diz respeito como é avaliado o progresso na gamificação; c) Comportamento - diz respeito aos elementos que definem as ações comportamentais a serem desempenhadas pelos envolvidos; e d) Recompensa - diz respeito aos tipos de incentivos dado aos envolvidos por completar um requisito ou uma tarefa. Podem ser recompensas tanto digitais como no mundo real, como por exemplo um status, troféu, emblema; itens de valor (dinheiro, crédito virtual, bens), acessos privilegiados etc.

**Figura 1:** Classificação dos elementos da gamificação.



Fonte: Adaptado de Teh (2015).

Marczewski (2018) propôs uma classificação organizada por prioridade e importância de nove elementos separados por quatro níveis. Dentre os nove elementos, o autor sugere que uma gamificação deve sempre conter: uma forma de medir e apresentar o progresso; uma forma de *feedback* (muitas vezes ligada ao progresso); e deve ter desafios, pois para o autor, o cerne da aprendizagem e engajamento é ter um desafio a superar. Os outros elementos são importantes, porém são secundários, podem agregar ao propósito da gamificação, mas não são essenciais.

Apesar dos elementos da gamificação terem o potencial para atuarem em diversas áreas como comportamento humano, qualidade de processo, produto e serviços, a gamificação também tem desafios significativos a superar antes da adoção ocorrer. Assim como nos jogos, projetar uma gamificação não é uma tarefa fácil: durante quatro décadas de desenvolvimento de videogames muitos jogos falharam, apesar de seus desenvolvedores terem as melhores intenções. Uma mecânica de jogo básica muitas vezes não é suficiente para sustentar um maior envolvimento ou atingir propósitos definidos da gamificação, para

isso, é necessário planejamento e execução cuidadosa em relação aos elementos a serem utilizados (Fenn & Lehong, 2011).

## **2.2. Produtividade: Conceitos**

A produtividade é uma das variáveis básicas e talvez a mais importante que rege as atividades de produção acadêmica e das empresas. Entretanto, normalmente é negligenciada por aqueles que podem influenciar os processos de produção (Radnor & Barnes, 2007), ignorando uma excelente ferramenta de gestão que avalia e monitora o desempenho das operações (Slack et al., 2013; Singh et al., 2000: 234), afetando diretamente a competitividade das empresas (Slack et al., 2013; Tangen, 2002). Uma razão para isso, tem relação com o esclarecimento do termo produtividade, termo este frequentemente discutido, mas raramente definido causando confusão entre termos como desempenho, eficiência, efetividade e rentabilidade (Tangen, 2005).

Uma medida de desempenho pode ser definida como o processo que quantifica a eficiência e/ou eficácia de uma ação. A produtividade é situada como um tipo de medida de desempenho (Neely et al., 1995), convencionalmente definida como a razão entre a produção total e a entrada total, isto é:  $\text{Produtividade} = \text{Saídas} / \text{Entradas}$  (Coelli et al., 2005; Burgess, 1990).

### **2.2.1. A Produtividade no Contexto de Desenvolvimento de Software**

Assim como na definição geral, a produtividade no contexto de desenvolvimento de software se dá pela quantidade de software produzida em relação a tudo o que foi utilizado para conceber o produto. Nesse contexto, há complicadores em relação a produção da manufatura em geral, pois é necessário definir o que é "quantidade de software produzida" assim como os insumos envolvidos na produção de software (Jensen, 2014).

Enquanto a manufatura tradicional gera produtos físicos e tangíveis, o processo de desenvolvimento de software por meio de uma engenharia resulta em um produto final totalmente intangível e lógico, isto é, que pode ser experimentado por um usuário, mas não pode ser tocado. O desempenho de custo estão mais atrelados aos engenheiros de software do que em materiais e equipamentos e isso muda a forma de gerenciar incluindo como tratar a produtividade (Jensen, 2014).

Apesar de existirem diversos tipos de processos de desenvolvimento de software, o trabalho normalmente se dá por projetos compostos por uma ou mais iterações, no qual, a cada conclusão de uma iteração planejada, é gerado um novo incremento usável em um produto de software. As atividades desempenhadas em cada iteração normalmente são: a) elicitação dos requisitos para formar o escopo do produto/projeto; b) análise e projeto com o objetivo de projetar a solução em conformidade com os requisitos; c) construção (implementação) do produto de software com testes; e d) integração para gerar um incremento pronto para implantação em ambientes como homologação e de produção (Jacobson et al., 1999).

A atividade que gera o principal produto final é a de construção, no qual os programadores/engenheiros entram com código fonte de uma linguagem de programação em um computador e este interpreta e gera uma solução com funcionalidades perceptíveis para os usuários. Além do software executável, outros artefatos resultantes do processo de desenvolvimento são gerados no âmbito de documentação do produto, tais como: manuais, diagramas e especificações técnicas (Sommerville & Pieper, 2012).

Para calcular a produtividade, além de medir variáveis de desempenho referente a trabalho (esforço, custo, etc.) é necessário medir os produtos gerados de um processo de desenvolvimento de software e essa, é uma discussão ampla e cheia de lacunas na engenharia de software (Davis, 2015; Fowler, 2003; Jensen, 2014).

Diversas métricas foram propostas ao longo dos anos, algumas focadas em medir o tamanho "físico" (linhas de código, tamanho de arquivos etc.), outras focadas em medir o tamanho lógico (funcionalidades, comportamento etc.). As que se destacam são: a) Linhas de Código Fonte (SLoC<sup>1</sup>) - utilizada para medir o tamanho de um software a partir do número de linhas do código fonte. Tem a vantagem de ser automatizada e direta para contar, porém, não é uma métrica relativa por mudar dependendo da abordagem ou da pessoa, isto é, para codificar uma funcionalidade, há diversas maneiras que geram diferentes números de linhas (NGUYEN et al., 2007); b) Análise de Ponto de Função (APF<sup>2</sup>) - métrica que mede o tamanho funcional de um software a partir dos requisitos do produto (Albrecht, 1979: 83).

A APF é auditável atendendo normas ISO/IEC (ex.: 20926:2009) e é relativa, mesmo entre produtos de tecnologias distintas, porém é complexa de ser utilizada, carecendo de uma atividade de análise (Dumke & Abran, 2016); c) Pontos por Caso de Uso (PCU<sup>3</sup>) - métrica lógica que quantifica as funcionalidades a partir de partes funcionais de um software chamadas de Caso de Uso. Mede apenas tecnologias específicas e uma mesma funcionalidade pode variar de tamanho, dependendo da implementação ou da equipe (Clemmons, 2006: 18); e d) Pontos por História de Usuário - a partir de requisitos num formato de escrita padronizada ("quem", "o quê" e "por quê") chamadas de Histórias.

A partir de valores quantificáveis referentes ao tamanho de um produto de software utilizando qualquer uma das métricas, é possível fazer derivações para outras variáveis de desempenho como custo, velocidade, aceleração, esforço, estimativa de duração, dentre outras para compor uma produtividade parcial ou total (Boehm, 2007: 151; Jensen, 2014). Por exemplo, considerando que o desenvolvimento de um produto de software fictício com o tamanho em Pontos de Função (PF) tamanho de 100PFs e foi construído com 3P pessoas trabalhando 8h por dia, que custam \$80/h, durante 10d dias úteis, é possível gerar as seguintes derivações:

$$\begin{aligned} \text{Esforço} &= 3P * 8h * 10d = 240h & (1) \\ \text{Custo Total} &= \text{Esforço} * \$80/h = \$19.200,00 & (2) \\ \text{Velocidade} &= 100PF / \text{Esforço} = 0,416T/h & (3) \end{aligned}$$

Quanto ao desempenho de qualidade de um produto de software, de acordo com Tom et al. (2013: 1498), a dívida técnica<sup>4</sup> é um indicador muito utilizado e que pode ser automatizado por softwares. A dívida técnica de um produto baseado em software é tratada como o conceito de dívida financeira junto com o conceito de juros. A dívida técnica mede dentre outros, a reusabilidade, portabilidade, manutenibilidade, segurança, eficiência, grau de mudança, confiabilidade e testabilidade de um software.

Apesar das particularidades do contexto de desenvolvimento de software, uma vez definida a forma de medir tanto a entrada e principalmente a saída do processo de desenvolvimento, é possível definir variáveis de desempenho que compõem a produtividade parcial ou total das organizações de software (Selby, 2007).

<sup>1</sup> Do inglês *Source Lines of Code* (SLoC), também conhecido apenas como *Lines of Code* (LoC).

<sup>2</sup> Do inglês *Function Point Analysis* (FPA).

<sup>3</sup> Do inglês *Use Case Points* (UCP).

<sup>4</sup> Do inglês *Technical Debt* cunhado por Ward Cunningham (TOM et al., 2013: 1498).

### 3. Procedimentos Metodológicos

A pesquisa é do tipo descritiva com o objetivo de descrever a relação entre a gamificação e a produtividade. Sekaran e Bougie (2016) defendem que neste tipo de propósito, o objetivo é obter dados que descrevem o tópico de interesse que incluem os objetos (pessoas e produtos) envolvidos, eventos e situações.

Saunders et al. (2016) comentam que a escolha da estratégia de pesquisa é guiada pela questão de pesquisa, objetivos, conhecimentos existentes e tempo disponível. Apesar das várias estratégias, elas não são mutuamente exclusivas, isto é, pode ser utilizado um questionário em um estudo de caso, por exemplo. Uma estratégia interessante é o uso de experimento na administração.

De acordo com Zikmund et al. (2013), experimentos permitem os pesquisadores controlarem a situação da investigação, permitindo que as variáveis que envolvem a relação causal possam ser avaliadas.

Os autores Robson e McCartan (2016), Saunders et al. (2016) e Zikmund et al. (2013), apesar da diferença de níveis de detalhes, concordam em definir que um experimento é uma estratégia de pesquisa que envolve: a seleção de grupo de controle e grupo de experimento randomicamente; a manipulação de uma ou mais variáveis chamadas de independentes; a medição dos efeitos dessa manipulação em uma ou mais variáveis chamadas de dependentes; e controle de todas as outras variáveis que podem afetar o resultado.

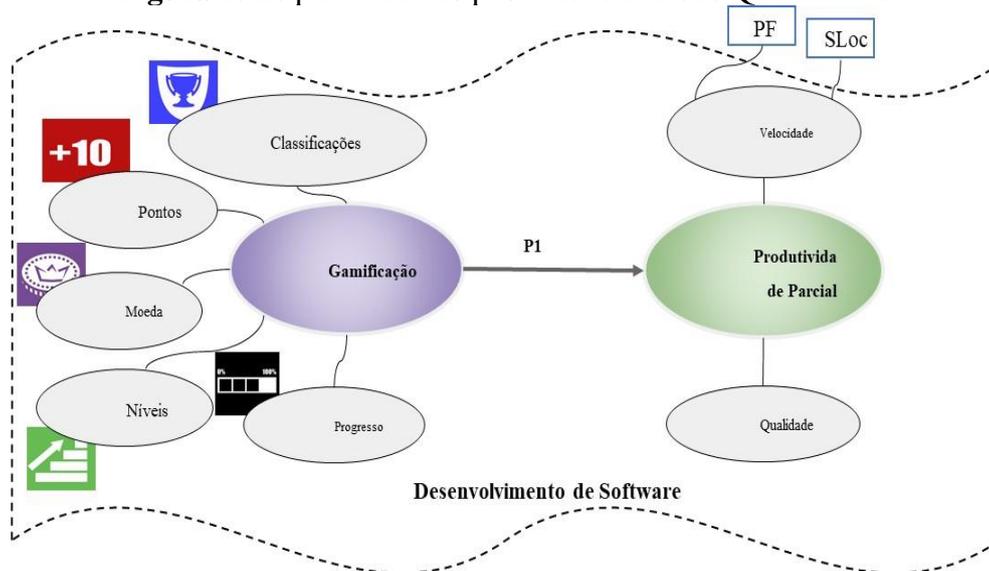
Quanto ao grupo de controle e de experimento, são grupos com integrantes diferentes, porém, que possuem o mesmo aspecto em relação a variável dependente. A variável independente é manipulada/administrada no grupo de experimento e no grupo de controle não. Tais grupos são formados com membros de forma aleatória e nessas condições, o pesquisador controla fontes de erro no experimento quando aplicado a massa (Zikmund et al., 2013; Saunders et al., 2016).

Robson e McCartan (2016) e Zikmund et al. (2013) abordam variações do experimento puro (clássico). Dentre as variações, existe o quasi-experimento no qual diferencia-se em flexibilizar a formação dos grupos, não exigindo ser aleatória. Esta pesquisa tem como **estratégia de pesquisa principal ser um quasi-experimento de série temporal**. Este tipo de experimento, muito utilizado em pesquisas de administração e de economia, diz respeito a: 1) Dispensar o grupo de controle e utilizar apenas um grupo de forma controlada; 2) Realizar diversas medições da variável dependente (pré); 3) Manipular a variável independente; e 4) Realizar diversas medições da variável dependente (pós).

No contexto de desenvolvimento de software, a formação de equipes normalmente se dá por times de desenvolvimento de software com tamanho fixos ou equipes criadas conforme a necessidade do projeto (Sommerville & Pieper, 2012). Nesta pesquisa foram realizados experimentos de série temporal **em seis grupos (times de desenvolvimento de software)**, sendo um gerente de projeto para cada três times (dois ao todo) e em cada time, três engenheiros de software. Assume-se que todos os times têm as mesmas responsabilidades e capacidades envolvendo a concepção e/ou manutenção de produtos baseados em software.

A **variável dependente** a ser medida pré-intervenção e pós-intervenção no experimento será a **produtividade** dos times. Quanto a **variável independente** administrada no experimento, se dá pela aplicação da **gamificação** no processo da empresa que foi modelada e está presente no Apêndice A, com objetivo de aumentar a produtividade no trabalho. A Figura 2 indica o esquema de pesquisa quantitativo utilizado para coletar e analisar os dados da variável dependente produtividade no contexto de desenvolvimento de software com o objetivo de verificar o **pressuposto P1**.

**Figura 2:** Esquema de Pesquisa Mono Método Quantitativo



Fonte: Elaborado pelos autores.

No esquema da pesquisa (Figura 3), a variável independente gamificação é formada pelos elementos que promovem a produtividade, quais sejam:

- Pontos - pontos conquistados durante o trabalho de desenvolvimento de software. Cada integrante dos times tem a chance de pontuar, o que deriva e forma a pontuação do time. Pontuações atribuídas aos times são divididas igualmente entre os membros;
- Níveis - sinaliza o progresso do membro do time na gamificação. Quanto maior o nível, maior a experiência na gamificação;
- Moeda - Mede o capital de cada membro e consequentemente dos times na economia virtual da gamificação;
- Classificações - mede a classificação geral entre os membros dos times, mas também, entre os times envolvidos. Quem tiver maiores pontos, maior será a classificação; e
- Progresso - o progresso visual permite ao usuário o feedback constante da evolução na gamificação. Todos os Tipos de Usuários da gamificação precisam de algum tipo de medida de progresso ou feedback, mas para alguns tipos funcionam melhor do que outros.

Quanto a variável dependente produtividade, esta é apresentada como total e parcial conforme definido no modelo de Slack et al. (2013). Frente a limitação de explorar a produtividade total neste experimento, foi adotado medir a apenas a produtividade parcial por meio das variáveis: qualidade e velocidade. Trazendo para o contexto de desenvolvimento de software, as variáveis são representadas por:

- Qualidade - medida por meio da dívida técnica acumulada do produto desenvolvimento pelo time; e
- Velocidade - medida pela quantidade pontos por função (PF) produzidos em combinação com a quantidade de linhas de código fonte (SLoC) produzidas.

A variável independente gamificação não tem efeito imediato quando implantada (Werbach & Hunter, 2012), isso porque a gamificação está ligada a mudança de comportamento pessoal do indivíduo que experiencia a gamificação (Marczewski, 2018). Frente a isso, esta pesquisa **adota o horizonte de tempo longitudinal** para responder ao problema de pesquisa.

A cada medição da variável dependente produtividade, foram coletados dados numéricos envolvendo as variáveis velocidade e qualidade. Tais variáveis são indicadas por

subvariáveis do contexto de desenvolvimento de software: Ponto de Função (PF), Linhas de Código (SLoC) e Dívida Técnica. Robson e McCartan (2016) observam que um experimento deve ser bem explícito quanto aos procedimentos, equipamentos e materiais utilizados para a investigação, com o objetivo de permitir a replicação do estudo (validade externa). O Quadro 1 contém as estratégias de coleta para cada variável deste experimento quantitativo conforme esquema apresentado na Figura 3.

**Quadro 1:** Estratégias de coleta de dados.

Conceito / Variável	Subvariável	Estratégia de Coleta
Produtividade	Ponto de Função (PF)	Por meio da técnica de análise de ponto de função. A cada ciclo de 10 dias serão coletados manualmente o progresso em relação ao tamanho funcional do software construído.
	Linhas de Código Fonte (SLoC)	Por meio do software SonarQube <sup>5</sup> . De forma automatizada, a ferramenta inspecionará diariamente o produto de software para contabilizar a quantidade de linhas de código fonte adicionadas ou removidas.
	Dívida Técnica	Por meio do software SonarQube. De forma automatizada, a ferramenta inspecionará diariamente o tamanho da dívida técnica gerada pelo time no produto construído.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Conforme o Quadro 1, algumas subvariáveis são coletadas diariamente. Considerando aproximadamente quatro (4) meses de vinte e dois (22) dias úteis contendo a coleta de dados pré-gamificação e pós-gamificação e a aplicação do experimento em seis (6) grupos, foi estimado a seguinte quantidade de registros contendo os dados de: Data da Coleta, Pontos de Função (PF) (repetido até que mude), Linhas de Código Fonte (SLoC) e Dívida Técnica:

$$\text{Registros Por Time} = 22 \text{ dias} * 4 \text{ meses} = 88 \quad (4)$$

$$\text{Total Registros} = \text{registros Por Time} * 6 = 528 \quad (5)$$

Para a análise dos dados foram adotadas técnicas e práticas da estatística descritiva, ou seja, técnicas que visam analisar, entender, descrever, resumir e apresentar os dados obtidos na pesquisa. A estatística fornece mecanismos para obter dados estatísticos, organizar, reduzir, representar e obter dados de algumas informações que auxiliam a descrição do fenômeno observado em um experimento (Hamilton, 1994).

Para esta pesquisa, a técnica de análise ideal é aquela que permite verificar o pressuposto declarado. Uma vez que a massa de dados é no formato de séries temporais, uma técnica é utilizar da interpretação dos dados por meio de gráficos, em que se tem uma série de dados pré-gamificação e outra série pós-gamificação.

Este experimento de série temporal produziu não apenas uma série de dados, mas para cada grupo observado, três séries de dados temporais (PFs, SLoC e Dívida Técnica)

<sup>5</sup> SonarQube é uma plataforma livre para inspecionar continuamente a qualidade de códigos fonte. Acessível em <https://sonarqube.com/>.

contendo a diferença entre cada ponto coletado, com o objetivo de validar o pressuposto P1. Portanto, quanto ao pressuposto P1, ele será considerado não validado quando ocorrer: a) Alta velocidade com baixa qualidade (alta produção de PF e/ou alta produção de SLoC com uma alta quantidade de dívida técnica); b) Alta qualidade com baixa velocidade (baixa quantidade de dívida técnica com uma baixa produção de PF e/ou uma baixa produção de SLoC).

#### 4. Apresentação e Análise dos Resultados

Ao todo foram coletados 530 registros contendo as subvariáveis definidas envolvendo a variável dependente produtividade. Na Tabela 1 apresentam-se estas subvariáveis sumarizadas e agrupadas por times de desenvolvimento, considerando os dados pré-gamificação e pós-gamificação.

**Tabela 1:** Sumarização dos dados agrupados por times

Time	Pré e Pós Gamificação	Dias de Observação	Linhas de Código Fonte Acumuladas	Pontos de Função Acumulados	Dívida Técnica Acumulada
Do It	Pré	23	148	41,00	3
	Pós	38	<b>410</b>	<b>226,70</b>	19
eXtreme Ninjas	Pré	23	1.079	161,00	-34
	Pós	45	1.616	180,00	184
Hard Coders	Pré	103	506	177,00	88
	Pós	46	<b>1.660</b>	<b>204,70</b>	171
Kamikaze Champions	Pré	103	794	46,00	20
	Pós	46	212	163,80	36
SetFocus	Pré	97	2.061	215,50	131
	Pós	46	1.534	149,00	<b>66</b>
UpCode	Pré	43	2.118	30,00	95
	Pós	45	814	<b>160,00</b>	<b>42</b>
<b>TOTAL</b>	<b>Pré</b>	<b>103</b>	<b>6.706</b>	<b>670,50</b>	<b>303</b>
	<b>Pós</b>	<b>46</b>	<b>6.246</b>	<b>1084,20</b>	<b>518</b>

Conforme a Tabela 1 (dias de observação), não foi possível iniciar a coleta de dados no mesmo dia para todos os grupos do experimento, contudo, isso não afetou a validade interna do experimento uma vez que os grupos são independentes uns dos outros. As linhas de código fonte (SLoC), pontos por função (PF) e dívida técnica estão apresentadas como acumuladas, isto é, os valores apresentados são resultados da diferença do valor coletado no primeiro dia, pelo valor coletado no último dia da fase do experimento (pré ou pós).

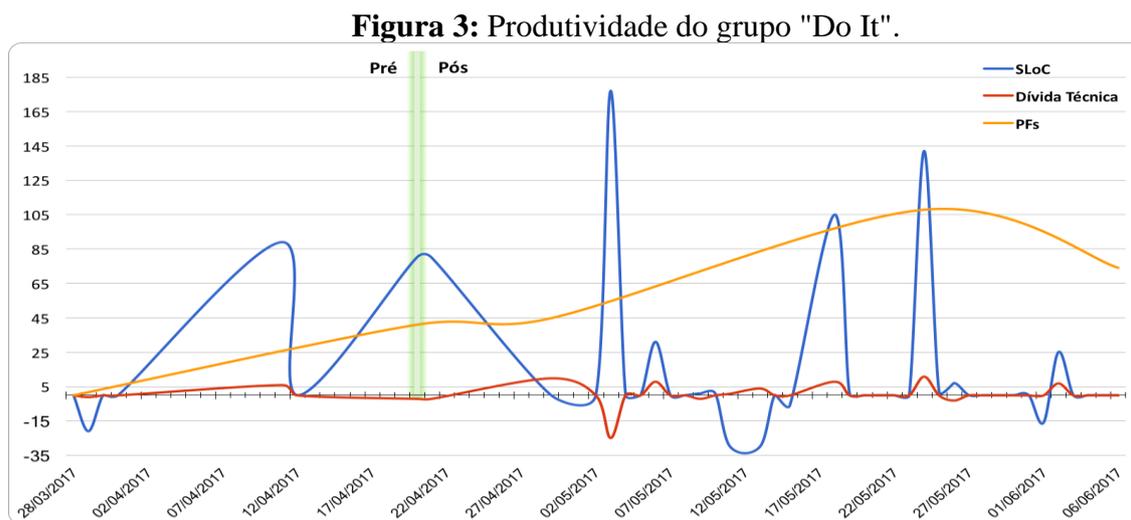
O grupo "Kamikaze Champions" durante a coleta dos dados da fase pré-gamificação perdeu um membro (pediu demissão da empresa estudada), ocorrendo o efeito de

mortalidade mitigado. Apesar da subtração, os dados foram coletados durante os 149 dias de experimento, mas foi removido da análise. Um outro efeito ocorrido em praticamente todos os grupos foi o de instrumentação.

A coleta da subvariável pontos por função era manual e não foram coletadas na periodicidade planejada. Isso não afetou diretamente o objetivo de confirmar o pressuposto P1 por se tratar de um valor acumulativo, isto é, no dia zero o valor é X e no final o valor é X+Y. Por outro lado, prejudica apenas a análise correlacionada desta variável com a de linhas de código por exemplo. Considerando os dados que envolvem a produtividade é possível entrar no detalhe de cada grupo do experimento para verificar se ocorreu causalidade entre a gamificação e a produtividade no desenvolvimento de software.

#### 4.1. Análise dos Dados Coletados

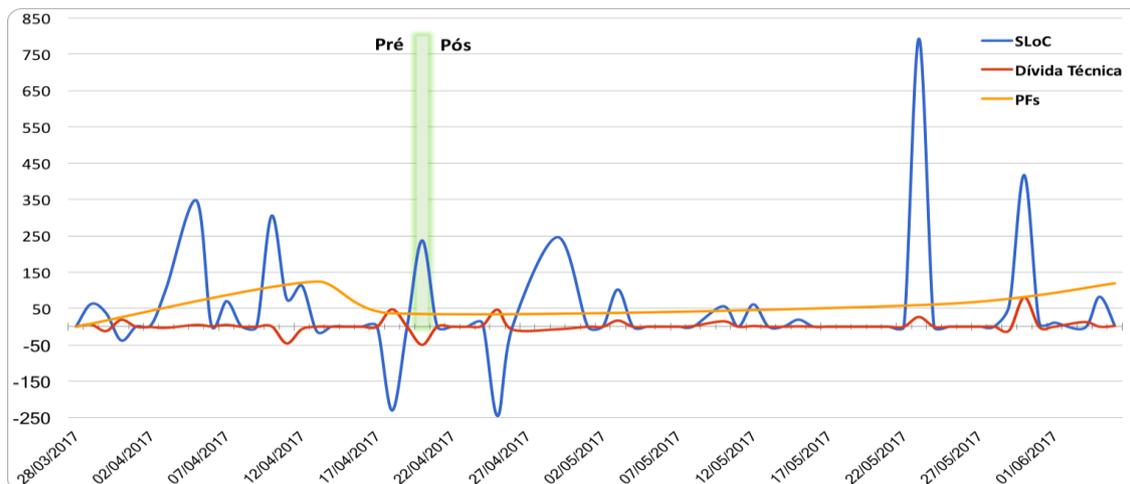
Iniciando pelo time "**Do It**", nota-se que este foi o que menos teve dias de observação tanto na fase de pré-gamificação (23 dias) e na pós-gamificação (38 dias). Apesar da quantidade reduzida em relação aos outros grupos, ainda assim foi possível analisar os dados coletados. A Figura 3 apresenta os dados envolvendo a velocidade e qualidade produzida pré e pós gamificação deste time.



Pela Figura 4 é possível observar que a velocidade, medida pela quantidade de pontos de função (PFs) produzidos combinada com a quantidade de linhas de código fonte (SLoC) produzidas, aumentou ao longo do tempo na fase pós-gamificação. Quanto à qualidade, medida pela dívida técnica (quanto maior, pior a qualidade), foi um pouco prejudicada, no qual a dívida era de apenas 3 e passou a ser 19 (Tabela 1), o que é aceitável considerando o aumento na velocidade de PFs e SLoC. Por meio da gamificação instrumentada, é possível observar que houve um efeito de motivação por conta das recompensas, o que ocasionou um crescimento de produtividade, conforme previsto por Marczewski (2018). Quanto ao controle da qualidade se manter equilibrado pré e pós gamificação, este pode estar ligado pelo grupo ser o 3º mais experiente (38 meses).

O segundo time investigado foi o "**eXtreme Ninjas**" que também teve 23 dias de observação na fase de pré-gamificação, porém, na pós-gamificação foi possível observar melhor o efeito da variável independente gamificação durante 45 dias. A Figura 4 apresenta os dados envolvendo a velocidade e qualidade produzida pré e pós gamificação.

**Figura 4:** Produtividade do grupo "eXtreme Ninjas".



Pela Figura 4 é possível observar que a produção pontos de função (PFs) havia diminuído dias antes da gamificação e pós gamificação, permaneceu a mesma tendência tendo crescido apenas no término do experimento. Quanto a qualidade, estava totalmente controlada antes da gamificação e na fase pós-gamificação ocorreram pequenos picos de aumento da dívida técnica, o que sinaliza um leve descontrole da qualidade.

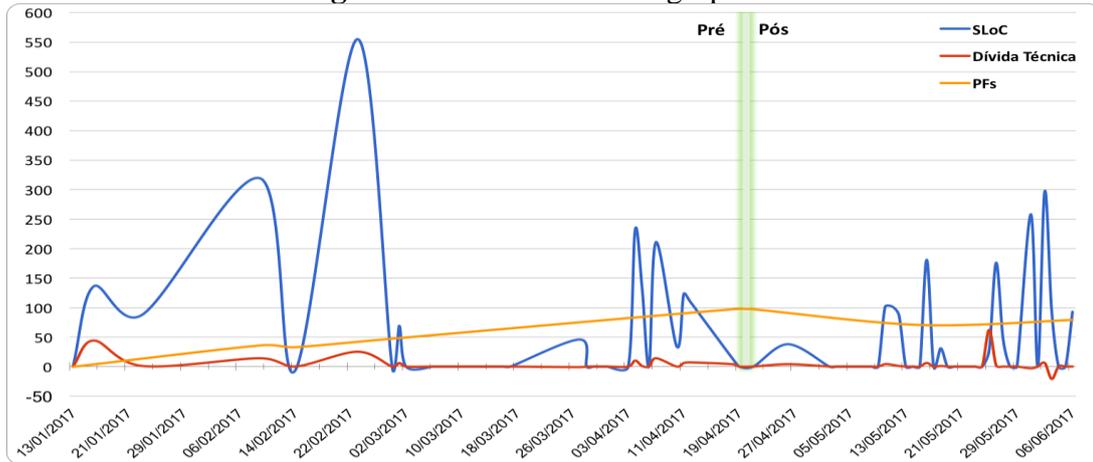
O terceiro time investigado foi o "**Hard Coders**" e foi o que mais teve dados para analisar na fase de pré-gamificação (103 dias), contudo, foi o único grupo que teve variações no contexto, realizando manutenções em mais de um produto. Apesar da atividade ser diferente dos outros grupos, foi considerado válido para análise uma vez que a comparação é entre os dados da pré-gamificação e pós-gamificação.

Uma vez que este time trabalhou em mais de um produto por vez, é possível realizar a análise baseando-se na Tabela 1, considerando a produtividade parcial de Slack et al. (2013), o qual revela que em fase de pré-gamificação, mesmo com 103 dias, a velocidade foi de apenas 177,00 pontos de função (PF) e pós gamificação, tendo 46 dias, conseguiu produzir um acumulado de 204,70 PFs, apesar do aumento aceitável da dívida técnica de 88 para 171, fazendo cair a qualidade.

O quarto grupo investigado foi o "**Kamikaze Champions**". Neste grupo não foi realizada a análise dos dados por conta do efeito de mortalidade ocorrido, o que prejudicou diretamente a validade interna do experimento. Este grupo foi retirado da análise uma vez que a análise é da unidade produtiva time de desenvolvimento e não individualmente dos membros que compõem os grupos.

O quinto grupo investigado foi o "**SetFocus**" que também teve mais dias de observação na fase de pré-gamificação (97 dias) e, portanto, foi possível observar melhor a variável dependente produtividade ao longo do experimento durante um total de 143 dias. A Figura 5 apresenta os dados envolvendo a velocidade e qualidade produzida pré e pós gamificação.

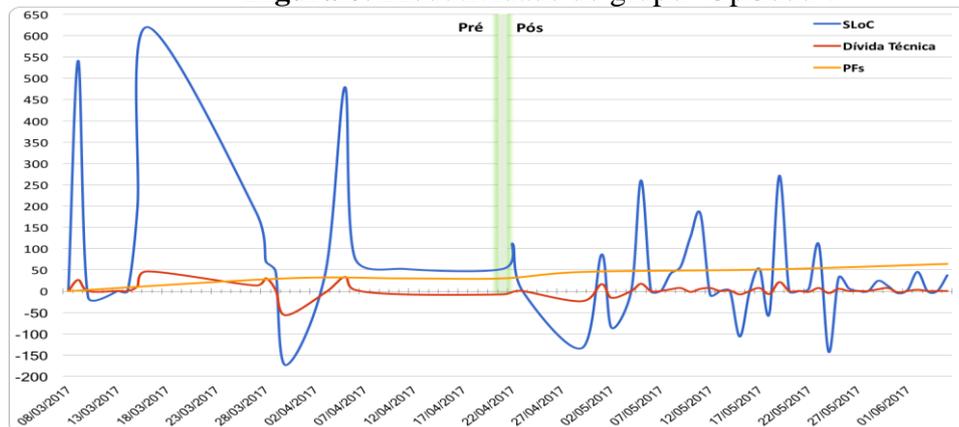
**Figura 5:** Produtividade do grupo "SetFocus".



Pela Figura 5 nota-se que a produção de pontos de função (PFs) não era alta no início da coleta dos dados pré-gamificação, apesar da alta quantidade de linhas de código fonte (SLoC) sendo geradas, o que de acordo com Tangen (2005) significa que o grupo estava sendo eficiente, porém, não eficaz em atender o objetivo de produzir PFs. Na fase pós-gamificação, o grupo conseguiu manter a taxa de produção de PFs e equilibrar com a quantidade de SLoC produzidas, assim como controlar a quantidade de dívida técnica tendo poucos picos de baixa qualidade, sendo que enquanto pré-gamificação houve longos períodos (de 14/02/2017 até 02/03/2017) com a dívida técnica estando em alta, isto é, um descontrole da qualidade do produto.

O sexto e último grupo investigado foi o "UpCode" que teve um período de pré-gamificação semelhante ao período pós-gamificação, totalizando em 88 dias. A Figura 6 apresenta os dados envolvendo a velocidade e qualidade produzida pré e pós gamificação.

**Figura 6:** Produtividade do grupo "UpCode".



Pela Figura 6 é possível observar que a velocidade medida pelos pontos de função (PFs) era baixa apesar dos altos picos de código fonte em tempo de pré-gamificação, ocorrendo o que Tangen (2005) classifica como eficiente, porém não eficaz. Após a gamificação é possível verificar uma leve crescente na quantidade acumulada de PFs e um equilíbrio em relação a quantidade de linhas de código fonte. A qualidade estava descontrolada (isto pode estar relacionado com a alta quantidade de linhas geradas) na fase pré-gamificação e passou a ser controlada pós-gamificação, o que significa que de acordo

com Slack et al. (2013), após a gamificação ocorreu uma contribuição positiva na produtividade parcial (velocidade e qualidade).

O pressuposto P1 diz respeito a causalidade entre a gamificação e a produtividade parcial que assume um aumento significativo após a gamificação, verificadas pelas variáveis velocidade e qualidade (Slack et al., 2013). O Quadro 2 apresenta um resumo quanto a análise realizada nos grupos com o objetivo de verificar se P1 foi confirmado ou não.

**Quadro 2:** Resumo das Verificações do Pressuposto P1 nos Grupos do Experimento

Time	Pressuposto P1:Aumento de Produtividade
Do It	Confirmado
eXtreme Ninjas	Não Confirmado
Hard Coders	Confirmado
Kamikaze Champions	Não foi possível verificar
SetFocus	Confirmado
UpCode	Confirmado

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

As seguintes condições foram utilizadas para a análise dos dados realizadas para verificar o pressuposto P1:

- Do It: O pressuposto P1 foi confirmado considerando um aumento na velocidade do time, enquanto a qualidade foi levemente prejudicada, efeito comum quando se observa a produtividade por várias dimensões (Tangen, 2005).
- eXtreme Ninjas: P1 foi refutado, por não gerar um efeito considerável na produtividade parcial;
- Hard Coders: Houve um alto aumento na velocidade, apesar de ter ocorrido um descontrole da qualidade o que permite confirmar P1.
- Kamikaze Champions: Não foi possível verificar o pressuposto P1 por conta da validade interna;
- SetFocus: Foi confirmado P1 principalmente pela melhora na qualidade, sem perder a velocidade.
- UpCode: Foi confirmado P1 pela contribuição significativa na velocidade e na qualidade desempenhada.

Conforme o Quadro 2, dos seis grupos investigados, um foi retirado da análise. Dos cinco restantes foi possível: Confirmar o pressuposto P1 em quatro grupos (Do It, HardCoders, SetFocus e UpCode), e refutar a pressuposto P1 no caso do grupo "eXtreme Ninjas". Como resultado, a produtividade parcial da empresa investigada foi afetada positivamente após a entrada da gamificação no processo de trabalho em 66,66% dos grupos investigados (4 de 6 grupos).

## 5. Considerações Finais

Esta pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de responder a seguinte questão: **O uso da gamificação pode afetar a produtividade no contexto de desenvolvimento de software?** Para verificar a causalidade entre a gamificação e a produtividade, foi realizado um experimento em uma empresa de desenvolvimento de software durante 149 dias, com 6 grupos de profissionais, sendo comparados os dados de velocidade e qualidade (produtividade parcial) antes e depois de aplicar uma gamificação voltada para produtividade gerando um total de 530 registros coletados. Em um dos grupos não foi possível realizar a análise dos dados e em quatro confirmou-se o pressuposto de que a gamificação contribui significativamente para a produtividade no trabalho.

Considerando os resultados obtidos, é possível inferir que uma gamificação modelada para gerar estímulos de produtividade aplicada ao processo de trabalho das empresas, pode gerar ganhos significativos na produtividade. Quanto aos procedimentos utilizados para se chegar aos resultados, notou-se que utilizar como estratégia de pesquisa, o uso de experimento de série temporal para aquisição dos dados, tornou-se possível realizar uma análise mais apurada verificando ao longo do tempo o comportamento da gamificação em efeito na produtividade dos grupos investigados.

Utilizar como estratégia experimentos em cenários em que não se tem um fenômeno a ser investigado acontecendo, ou que não possuem dados secundários para se realizar uma análise pré e pós fenômeno, mostrou-se interessante e totalmente aplicável em pesquisas de administração de empresas, tendo como premissa o intervalo de tempo para coleta dos dados, se este for viável de forma manual ou quando possível, a coleta ser de forma automática evitando efeitos de instrumentação na validade interna da pesquisa.

Considerando-se a definição de produtividade total e parcial de Slack et al. (2013), essa investigação teve como limitação o fato de coletar e analisar dados apenas da produtividade parcial (velocidade/rapidez e qualidade). O ideal seria coletar dados também de custo, flexibilidade e confiabilidade formando a produtividade total. Outra limitação foi o fato de não se poder instrumentar o experimento nos grupos ao mesmo tempo (período inicial e final iguais), o que poderia permitir uma análise mais detalhada entre os próprios grupos do experimento e não apenas entre pré-gamificação e pós-gamificação de um grupo.

Trabalhos futuros podem investigar a gamificação em relação a produtividade utilizando o esquema indicado na Figura 3, e aplicar em outros contextos, ou outras áreas de uma organização, como por exemplo: vendas, marketing, e outras áreas de que são exigidas uma alta produtividade. Outras possibilidades para investigações futuras seria correlacionar a gamificação com outros conceitos, como por exemplo: vantagem competitiva, cultura organizacional, memória organizacional, inovação e gerenciamento de projetos.

## REFERÊNCIAS

- Albrecht, A. J. (1979). Measuring application development productivity. In **Proc. of the Joint SHARE/GUIDE/IBM Application Development Symposium**, 83-92.
- Bernolak, I. (1997). Effective measurement and successful elements of company productivity: The basis of competitiveness and world prosperity. **International Journal of Production Economics**, 52(1-2), 203-213.
- Boehm, B. W. (2007). Improving software productivity. In **Barry W. Boehm's Lifetime Contributions to Software Engineering**, IEEE Computer Society.
- Burgess, T. F. (1990). A review of productivity. **Work Study**, January/February 1990, 6-9.
- Burke, B. (2012). **Gamification 2020: What is the future of Gamification?** Gartner, Inc.
- Clemmons, R. K. (2006). Project estimation with use case points. **The Journal of Defense Software Engineering**, February, 18-22.
- Coelli, T. J. et al. (2005). **An introduction to efficiency and productivity analysis**. Springer Science & Business Media.
- Davis, C. W. (2015). **Agile Metrics in Action**. Manning Publications.
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From Game Design Elements to Gamefulness: Defining “Gamification”. **Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference**.
- Dreyfus, S. E., & Dreyfus, H. L. (1980). **A five-stage model of the mental activities involved in directed skill acquisition**. California Univ Berkeley Operations Research Center.
- Dumke, R., & Abran, A. (2016). **COSMIC Function Points: Theory and Advanced Practices**. CRC Press.
- Fenn, J., & Lehong, H. (2011). **Hype cycle for emerging technologies**. Gartner, Inc.
- Fowler, M. (2003). **Cannot Measure Productivity**. Martin Fowler's Bliki.
- Groh, F. (2012). **Gamification: State of the art definition and utilization**. Institute of Media Informatics Ulm University.
- Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014). Does Gamification Work? A Literature Review of Empirical Studies on Gamification. **47th Hawaii International Conference on System Sciences**.
- Hamari, J. (2019). Gamification. **The Blackwell Encyclopedia of Sociology**. John Wiley & Sons, Ltd, Oxford, UK, 1–3, <https://doi.org/10.1002/9781405165518>.
- Hamilton, J. D. (1994). **Time series analysis**. Princeton university press Princeton.
- Huotari, K., & Hamari, J. (2017). A definition for gamification: anchoring gamification in the service marketing literature. **Electronic Markets**, 27(1), 21–31.
- Jacobson, I. et al. (1999). **The unified software development process**. Addison-Wesley Reading.
- Jensen, R. W. (2014). **Improving Software Development Productivity: Effective Leadership and Quantitative Methods in Software Management**. Pearson Education.

- Kankanhalli, A., Taher, M., Cavusoglu, H., & Kim, S. H. (2012). Gamification: A new paradigm for online user engagement. **In ICIS - Association for Information Systems**.
- Klock, A. C. T. Gasparini, I., Pimenta, M. S., & Hamari, J. (2020). Tailored gamification: A review of literature. **International Journal of Human-Computer Studies**, 144(1), 1-22, doi.org/10.1016/j.ijhcs.2020.102495.
- Koivisto, J., & Hamari, J. (2019). The rise of motivational information systems: a review of gamification research. **Int. Journal. Inf. Management**. 45 (1), 191–210.
- Lipsey, R. G., & Nakamura, A. (2006). **Services Industries and the Knowledge-based Economy**. University of Calgary Press.
- Marczewski, A. (2013). **Gamification: A Simple Introduction and a Bit More**. Kindle Edition - Amazon Digital Services.
- Marczewski, A. C. (2018). **Even Ninja Monkeys Like to Play: Unicorn Edition**. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Neely, A., Gregory, M., & Platts, K. (1995). Performance measurement system design: a literature review and research agenda. **International journal of operations & production management**, 15(4), 80–116.
- Neidenbach, S. F., Cepellos, V. M., & Pereira, J. J. (2020). Gamificação nas organizações: processos de aprendizado e construção de sentido. **Cad. EBAPE. BR [online]**, 18 (especial), 729-741.
- Nguyen, V. et al. (2007). A SLOC counting standard. **COCOMO II Forum**.
- Passos, E. B. et al. (2011). Turning real-world software development into a game. **Games and Digital Entertainment (SBGAMES)**.
- Radnor, Z. J., & Barnes, D. (2007). Historical analysis of performance measurement and management in operations management. **International Journal of Productivity and Performance Management**, 56(5/6), 384–396. <https://doi.org/10.1108/17410400710757105>
- Reeves, B., & Read, J. L. (2013). **Total engagement: How games and virtual worlds are changing the way people work and businesses compete**. Harvard Business Press.
- Robson, C., & McCartan, K. (2016). **Real world research**. Ed. Wiley.
- Robson, K., Plangger, K., Kietzmann, J. H., McCarthy, I., & Pitt, L. (2015). **Is it all a game? Understanding the principles of gamification**. Ed. Business horizons.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2016). **A Research method for business students**. Ed. Pearson Education India.
- Sekaran, U., & Bougie, R. (2016). **Research methods for business**. Ed. John Wiley & Sons.
- Selby, R.W. (2007). **Software engineering: Barry W. Boehm's lifetime contributions to software development, management, and research**. Ed. John Wiley & Sons.
- Singh, H., Motwani, J., & Kumar, A. (2000). A review and analysis of the state-of-the-art research on productivity measurement. **Industrial Management & Data Systems**, 100 (5), 234–241.
- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R. (2013). **Operations management**. Pearson.

- Sommerville, I., & Pieper, K. (2013). **Software Engineering München Harlow**. Pearson.
- Tangen, S. (2002). **Understanding the concept of productivity**. Proceedings of the 7th Asia-Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference.
- Tangen, S. (2005). **Demystifying productivity and performance**. International Journal of Productivity and performance management, 54(1), 1-2.
- Teh, I. (2015). **Gamification of Learning**. Disponível em: <<http://ivanteh-runningman.blogspot.com.br/2015/04/gamification-of-learning.html>>. Acesso em: 15 de out. 2019.
- Tondello, G. F., Wehbe, R. R., Diamond, L., Busch, M., Marczewski, A., & Nacke, L. E. (2016). The Gamification User Types Hexad Scale. **Proceedings of the 2016 annual symposium on computer-human interaction in play**.
- Torres, M. M. (2005). **Revisão de literatura sobre produtividade: evolução de conceitos e medidas**. Ed. Universidade do Algarve. Faculdade de Economia.
- Zikmund, W.G. et al. (2013). **Business Research Methods**. Ed. Cengage Learning.

## Apêndice A – Roteiro do Experimento de Gamificação para Estímulos de Produtividade

### ROTEIRO DE IMPLANTAÇÃO

1. Definição dos indicadores de produtividade a serem estimulados: Velocidade por meio Linhas de Código (SLoC) junto com Pontos de Função (APF) e Qualidade, medida por Dívida Técnica;
2. Configuração da coleta de dados automatizada da SLoC e Dívida Técnica no software *SonarQube*;
3. Definição de periodicidade de medição do tamanho do software por meio de APF;
4. Início da coleta dos dados da fase de pré intervenção do experimento com a gamificação;
5. Modelagem da gamificação utilizando os elementos e mecanismos: Pontos, Níveis, Classificação, Moeda e Progresso, conforme detalhamento abaixo (Elementos Utilizados);
6. Treinamento e intervenção dos grupos de experimento quanto a gamificação modelada;
7. Início da coleta dos dados da fase de pós intervenção do experimento com a gamificação; e
8. Análise dos dados de pré gamificação em relação aos dados coletados pós gamificação.

### ELEMENTOS UTILIZADOS

#### PONTOS:

Os Pontos são conquistados durante o trabalho de desenvolvimento de software. Cada integrante dos times tem a chance de pontuar, o que deriva e forma a pontuação do time. Pontuações atribuídas aos times são divididas igualmente entre os membros.

Tipo	Regra
Ganha	Por Ponto de Função entregue numa sprint homologada.
Perde	Por defeito no software encontrado em garantia.
Ganha	Por atividade planejada concluída.
Ganha	Por execução de controle de qualidade.
Perde	Falta do membro sem apresentação de um documento válido que justifique de acordo com as leis trabalhistas (CLT).
Perde	Não cumprir o horário núcleo da empresa.
Ganha	Participar de cursos relacionados com as tecnologias e/ou processos utilizados na empresa com autorização prévia do RH.
Ganha	Ministrar cursos relacionados sobre as tecnologias e/ou processos utilizados na empresa com autorização prévia do RH.
Ganha	Artigos publicados em revistas ou congressos científicos relacionados a natureza de trabalho da empresa.

**NÍVEIS:** Sinaliza o progresso do membro do time na gamificação. Quanto maior o nível, maior a experiência na gamificação. Os níveis se dão por múltiplos de 2, a começar por 500. Ex.:

Nível	Pontos
1	500
2	1000
3	2000
4	4000
...	...

**CLASSIFICAÇÕES:** Mede a classificação geral entre os membros dos times, mas também, entre os times envolvidos. Quem tiver maiores pontos, maior será a classificação.

**MOEDA:** Mede o capital de cada membro e dos times na economia virtual da gamificação. Cada unidade da moeda pode ser trocada por dinheiro em moeda nacional. Relação de premiação de *golds* para cada evento:

<b>Evento</b>
A cada mudança de nível.
A cada novo curso participado.
A cada novo treinamento ministrado.
A cada artigo científico publicado.

**PROGRESSO:** O progresso visual permite ao usuário o feedback constante da evolução na gamificação. Todos os Tipos de Usuários da gamificação precisam de algum tipo de medida de progresso ou feedback, mas para alguns tipos funcionam melhor do que outros.