

---

# **A Importância Dos Desenvolvedores De Software Sob A Perspectiva Dos Supervisores**

---

**Guilherme Costantin Tângari**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Uberlândia  
2015



**Guilherme Costantin Tângari**

**A Importância Dos Desenvolvedores De  
Software Sob A Perspectiva Dos Supervisores**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação da Faculdade de Computação da Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Área de concentração: Ciência da Computação

Orientador: Marcelo de Almeida Maia

Uberlândia  
2015



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Os abaixo assinados, por meio deste, certificam que leram e recomendam para a Faculdade de Computação a aceitação da dissertação intitulada "**A importância dos desenvolvedores de software sob a perspectiva dos supervisores**" por **Guilherme Costantin Tângari** como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de **Mestre em Ciência da Computação**.

Uberlândia, 13 de fevereiro de 2015

Orientador: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Marcelo de Almeida Maia  
Universidade Federal de Uberlândia

Banca Examinadora:

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Autran Macêdo  
Universidade Federal de Uberlândia

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Rogério Eduardo Garcia  
Universidade Estadual Paulista



*À minha família e à minha futura esposa.*





---

# Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais, Gilberto e Valéria, que fizeram um enorme esforço para que eu pudesse ter acesso à educação que tive. Saibam que serei eternamente grato por todos os sacrifícios que fizeram e nenhuma herança no mundo supera a base educacional que vocês me proporcionaram. Sem dúvida nenhuma, vocês são os grandes responsáveis por eu ter chegado até onde cheguei e divido todos os méritos com vocês. Agradeço também à minha irmã Larissa por todo o apoio nesses últimos anos, também fundamental para que eu pudesse seguir em frente. De maneira especial, também gostaria de agradecer à minha noiva, que me deu todo o suporte emocional e me deu forças quando elas faltaram para seguir em frente. Liana, com certeza sem você esse caminho teria sido muito mais árduo, talvez impossível de ser traçado. Com seu apoio e sua motivação, consegui chegar ao fim dessa jornada, e também divido os méritos com você. Também gostaria de deixar um abraço especial para toda sua família, que sempre me deu apoio incondicional. Gostaria de agradecer também à empresa que trabalho atualmente, o MahaGestão, que apostou em mim como profissional e forneceu a flexibilidade necessária no decorrer do curso viabilizando assim esse mestrado. Não menos importante, gostaria de agradecer a todos os meus amigos, aos de longa data, que me acompanham desde o ensino básico e que continuam firme ao meu lado onde sempre estiveram sempre que precisei, às amizades feitas ao longo da minha graduação, que também já se tornaram amizades de longa data, e que compartilham de uma realidade de estudos e trabalhos semelhantes, sempre apoiando uns aos outros, e também à todos os outros grupos de amigos, do Maha, dos casais (amiguinhos), da Charanga, da minha noiva que eu adotei como meus (chicas), todos vocês foram muito importantes nessa jornada. Um salve especial ao Lucas (Lucão) pela sua colaboração com meu trabalho. Agradeço a todas as empresas que apoiaram e participaram dessa pesquisa, sem as quais não seria possível a realização desse estudo. E por último, gostaria de agradecer pela orientação do professor Marcelo Maia, seu apoio e compreensão foram fundamentais para a conclusão deste trabalho e do mestrado como um todo.



*“Precisar de dominar os outros é precisar dos outros. O chefe é um dependente.”*  
*(Fernando Pessoa)*



---

# Resumo

Várias empresas de tecnologia usam a quantidade de entregas como métrica de avaliação de performance de desenvolvedores de software. Esse é o conceito clássico de produtividade, e ainda é amplamente usado pelas empresas hoje em dia. Também é bastante comum misturar o conceito de importância com produtividade. Porém, a importância de um desenvolvedor para a empresa e, mais especificamente, o time em que trabalha não está apenas relacionado com a quantidade de linhas de código produzidos. Existe uma variedade de fatores que contribuem para a relevância de um desenvolvedor dentro de uma organização. Este trabalho visa mapear alguns desses fatores, medir quais possuem maior influência e propor um modelo de avaliação da importância dos desenvolvedores que considere mais do que apenas as entregas. Foram levantados dezesseis fatores que mais tendem a participar da avaliação de importância dos desenvolvedores. Descobriu-se que, dentre esses fatores, alguns são mais relevantes que os outros, bem como uma variação nos fatores mais relevantes quando se analisa sob a óptica de uma determinada empresa ou time. Foi construído também um classificador de alta acurácia que pode indicar a importância do desenvolvedor baseado em uma série de atributos.

**Palavras-chave:** Importância do desenvolvedor, reconhecimento de padrões, produtividade, fatores humanos.



---

# Abstract

Several technology companies use the amount of deliveries as evaluation metric for the software developer's performance. This is the classical concept of productivity, and still is widely used by the companies nowadays. It is also quite common to confuse the concepts of importance and productivity. But developer's importance for the company, and more specifically, for the respective team, is not related only with the amount of line of codes produced. There is a variety of factors that contribute to the relevance of a developer inside an organization. This work aims to map those factors, measure which ones has greater influence in today's companies and to propose an evaluation model of developer's importance that considers more than just deliveries. Sixteen factors, that are more likely to be used in the developer's importance evaluation, were raised. Among those factors, we figured out that some are more relevant than others, and that there is a variation in the most relevant factors when we analyze under the perspective of different companies or teams. We also built a high accuracy classifier that can identify the developer's importance based on a series of factors.

**Keywords:** Developer's importance, pattern recognition, productivity, human factors.





---

## Lista de ilustrações

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 – Processo dos algoritmos de aprendizado de máquinas . . . . .                               | 39 |
| Figura 2 – Distribuição dos desenvolvedores avaliados pelas classes de importância                    | 42 |
| Figura 3 – Distribuição dos desenvolvedores avaliados pela nova classe de importância . . . . .       | 43 |
| Figura 4 – Distribuição dos desenvolvedores pelo conjunto original de 5 classes (Empresa A) . . . . . | 50 |
| Figura 5 – Distribuição dos desenvolvedores pelo conjunto de 2 classes (Empresa A)                    | 51 |
| Figura 6 – Distribuição dos desenvolvedores pelo conjunto original de 5 classes (Empresa B) . . . . . | 57 |
| Figura 7 – Distribuição dos desenvolvedores pelo conjunto de 2 classes (Empresa B)                    | 57 |
| Figura 8 – Distribuição dos desenvolvedores pelo conjunto original de 5 classes (Empresa C) . . . . . | 63 |
| Figura 9 – Distribuição dos desenvolvedores pelo conjunto de 2 classes (Empresa C)                    | 63 |



---

## Lista de tabelas

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 – Levantamento dos fatores de importância por grupo de semelhança . .                         | 31 |
| Tabela 2 – Revisão da literatura correlata aos fatores de importância . . . . .                        | 32 |
| Tabela 3 – Goal-Question-Metric . . . . .  | 36 |
| Tabela 4 – Relação dos participantes na pesquisa . . . . .   | 42 |
| Tabela 5 – Novo conjunto de classes de desenvolvedores . . . . .                                       | 43 |
| Tabela 6 – Ordenação das características (conjunto original de 5 classes) . . . . .                    | 44 |
| Tabela 7 – Ordenação das características (novo conjunto de 2 classes) . . . . .                        | 45 |
| Tabela 8 – Aplicação do J48 para os diferentes conjuntos de classe . . . . .                           | 46 |
| Tabela 9 – Aplicação do NaïveBayes para os diferentes conjuntos de classe . . . .                      | 46 |
| Tabela 10 – Aplicação exaustiva do J48 . . . . .   | 47 |
| Tabela 11 – Aplicação exaustiva do NaïveBayes . . . . .  | 48 |
| Tabela 12 – Ordenação das características da Empresa A (conjunto original de 5<br>classes) . . . . .   | 52 |
| Tabela 13 – Ordenação das características da Empresa A (conjunto de 2 classes) . .                     | 53 |
| Tabela 14 – Aplicação do J48 para os diferentes conjuntos de classe da Empresa A                       | 54 |
| Tabela 15 – Aplicação do NaïveBayes para os diferentes conjuntos de classe da Em-<br>presa A . . . . . | 54 |
| Tabela 16 – Aplicação exaustiva do J48 para a empresa A . . . . .                                      | 55 |
| Tabela 17 – Aplicação exaustiva do NaïveBayes para a empresa A . . . . .                               | 56 |
| Tabela 18 – Ordenação das características da Empresa B (conjunto original de 5<br>classes) . . . . .   | 58 |
| Tabela 19 – Ordenação das características da Empresa B (conjunto de 2 classes) . .                     | 59 |
| Tabela 20 – Aplicação do J48 para os diferentes conjuntos de classe da Empresa B .                     | 60 |
| Tabela 21 – Aplicação do NaïveBayes para os diferentes conjuntos de classe da Em-<br>presa B . . . . . | 60 |
| Tabela 22 – Aplicação exaustiva do J48 para a empresa B . . . . .                                      | 61 |
| Tabela 23 – Aplicação exaustiva do NaïveBayes para a empresa B . . . . .                               | 62 |

|   |    |
|---|----|
| Tabela 24 – Ordenação das características da Empresa C (conjunto original de 5 classes) . . . . . | 64 |
| Tabela 25 – Ordenação das características da Empresa C (conjunto de 2 classes) . .                | 65 |
| Tabela 26 – Aplicação do J48 para os diferentes conjuntos de classe da Empresa C                  | 66 |
| Tabela 27 – Aplicação do NaïveBayes para os diferentes conjuntos de classe da Empresa C . . . . . | 66 |
| Tabela 28 – Aplicação exaustiva do J48 para a empresa C . . . . .                                 | 67 |
| Tabela 29 – Aplicação exaustiva do NaïveBayes para a empresa C . . . . .                          | 68 |

---

## Lista de siglas

**FP** *Function Points*

**GQM** *Goal-Question-Metric*

**LOC** *Lines of code*

**WEKA** *Waikato Environment for Knowledge Analysis*



---

# Sumário

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>1</b>   | <b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>                         | <b>23</b> |
| <b>1.1</b> | <b>Problema e Motivação . . . . .</b>               | <b>23</b> |
| <b>1.2</b> | <b>Objetivos e Contribuição . . . . .</b>           | <b>25</b> |
| <b>1.3</b> | <b>Estrutura da Dissertação . . . . .</b>           | <b>26</b> |
| <b>2</b>   | <b>REFERENCIAL TEÓRICO . . . . .</b>                | <b>29</b> |
| <b>2.1</b> | <b>Levantamento de Características . . . . .</b>    | <b>30</b> |
| <b>2.2</b> | <b>Mineração de dados e Classificação . . . . .</b> | <b>32</b> |
| <b>3</b>   | <b>METODOLOGIA . . . . .</b>                        | <b>35</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Pesquisa . . . . .</b>                           | <b>35</b> |
| 3.1.1      | Goal-Question-Metric . . . . .                      | 35        |
| 3.1.2      | Aplicação da Pesquisa . . . . .                     | 37        |
| 3.1.3      | Caracterização dos respondentes . . . . .           | 37        |
| <b>3.2</b> | <b>Seleção de Características . . . . .</b>         | <b>37</b> |
| <b>3.3</b> | <b>Classificação . . . . .</b>                      | <b>38</b> |
| <b>4</b>   | <b>RESULTADOS GERAIS . . . . .</b>                  | <b>41</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Pesquisa . . . . .</b>                           | <b>41</b> |
| <b>4.2</b> | <b>Seleção de Características . . . . .</b>         | <b>43</b> |
| <b>4.3</b> | <b>Classificação . . . . .</b>                      | <b>46</b> |
| <b>5</b>   | <b>RESULTADOS INDIVIDUAIS POR EMPRESA . . . . .</b> | <b>49</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Análise das Empresas . . . . .</b>               | <b>49</b> |
| 5.1.1      | Análise da Empresa A . . . . .                      | 50        |
| 5.1.2      | Análise da Empresa B . . . . .                      | 57        |
| 5.1.3      | Análise da Empresa C . . . . .                      | 63        |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 6   | DISCUSSÃO . . . . .                            | 69 |
| 6.1 | Considerações Iniciais . . . . .               | 69 |
| 6.2 | Resultados Gerais (Todas Empresas) . . . . .   | 69 |
| 6.3 | Resultados Individuais (Por Empresa) . . . . . | 71 |
| 6.4 | Ameaças À Validade . . . . .                   | 72 |
| 7   | CONCLUSÕES . . . . .                           | 73 |
|     | Referências . . . . .                          | 77 |



---

# Introdução

Atualmente, as empresas em geral estão investindo em técnicas para o aumento de produtividade, com o intuito de aumentar a competitividade no mercado, e isso não é diferente para a indústria de software, que permanece investindo em métodos, ferramentas e melhores práticas para ter um ganho na produção de seu software (de Barros Sampaio et al., 2010). Porém, diferentemente do hardware, que tem ganhos em ordens de magnitude de preço e performance por década, a produção de software parece ter dificuldade em evoluir (BOEHM, 1987). As taxas de produtividade atuais são similares às taxas de décadas atrás (uma ou duas linhas de código por homem-hora)(BOEHM, 1987). Brooks (BROOKS F.P., 1987) afirma ainda que não há nenhuma técnica, seja de tecnologia ou de gerenciamento, que por si só prometa um aumento de uma ordem de magnitude na produtividade, simplicidade e confiabilidade do software.

Os métodos tradicionais para se medir produtividade em desenvolvimento de software são baseados em linhas de código (LOC) e pontos de função (FP)(WAGNER; RUHE, 2008), por exemplo, a quantidade de LOC ou FP produzidos por um desenvolvedor em uma hora. Uma definição um pouco mais abstrata coloca produtividade como sendo os *outputs* entregues pelos *inputs* consumidos, podendo os *outputs* ser LOC, FP ou alguma outra saída considerada relevante, e *inputs* como recursos utilizados para produzir aquela saída (tempo, pessoal, etc), como mostrado na equação abaixo (WALSTON; FELIX, 1977; BOEHM, 1987; YU; SMITH; HUANG, 1991).

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{outputs produzidos pelo processo}}{\text{inputs consumidos pelo processo}} \quad (1)$$

## 1.1 Problema e Motivação

Dentro das empresas de TI, geralmente é encontrado um departamento de recursos humanos ou desenvolvimento pessoal. Esses departamentos são responsáveis pela devida remuneração e determinação de cargos dentro das empresas, e geralmente o fazem com base em avaliações de desempenho vinda dos supervisores responsáveis de cada área.

Geralmente, são encontrados um ou mais supervisores ou gerentes responsáveis na área de desenvolvimento, comumente conhecida pelos nomes de indústria ou fábrica de software.

Utilizar somente o método tradicional, que considera apenas a quantidade de entregas, para avaliar o desempenho de um desenvolvedor pode ser muito negativo para a empresa, além de ser considerado um método primitivo e de produzir resultados que não estão de acordo com a realidade (SYMONS, 2010). Quantidade de linhas de código não leva em consideração o esforço necessário para escrevê-las, nem o conhecimento que serviu de base para o mesmo acontecer. Problemas complexos, por exemplo, geralmente necessitam de um desenvolvedor mais experiente para serem resolvidos, e muitas vezes, não são necessárias muitas linhas de código para o fazer.

Existem outras noções de produtividade que também não são levadas em consideração ao avaliar apenas linhas de código, por exemplo, um desenvolvedor com conhecimento em uma ferramenta muito específica, ou o supervisor, pode ser consultado frequentemente por outros desenvolvedores, agilizando e melhorando o processo de desenvolvimento de outros desenvolvedores, logo, esse desenvolvedor/supervisor possui uma produtividade indireta, que não é mensurada no método tradicional pois quando se está ajudando e ensinando, não se está escrevendo linhas de código.

Características comportamentais também podem influenciar na avaliação do desenvolvedor, aumentando sua relevância para a empresa. Pró-atividade, criatividade e liderança são alguns exemplos de características que geralmente fazem diferença na carreira de um funcionário dentro de uma organização. O método clássico também falha em não considerar esses quesitos, pois a avaliação de linhas de código não demonstra inovação, alinhamento com o negócio, etc.

Vários estudos se dedicam a levantar fatores que influenciam na produtividade, tanto no desenvolvimento quanto na manutenção de software, (de Barros Sampaio et al., 2010; WAGNER; RUHE, 2008; CALOW, 1991; VOSBURGH et al., 1984), dentre outros. Entender esses fatores e ter um mecanismo de avaliação de produtividade justo é muito importante para as empresas que desenvolvem qualquer tipo de software.

Retenção de talentos (BOEHM et al., 2000; CHATZOGLOU; MACAULAY, 1997; DEMARCO; TIMOTHY, 1987; GUZZO, 1988; SCUDDER; KUCIC, 1991; WOHLIN; AHLGREN, 1995; WOHLIN; ANDREWS, 2001) e motivação da equipe (BOEHM, 1987; DEMARCO; TIMOTHY, 1987; BOEHM, 1984; JONES, 2000; SHARP et al., 2009; BOEHM et al., 1982; BOEHM; PAPACCIO, 1988; HANTOS; GISBERT, 2000), por exemplo, são duas questões de extrema relevância para qualquer time. Motivação é tido como um dos fatores chave para o sucesso do software (SHARP et al., 2009), e software é feito por pessoas, e pessoas, quando têm seu trabalho reconhecido e valorizado tendem a produzir mais e melhor. Uma avaliação de desempenho que considere apenas um aspecto, como a quantidade de entregas, e não leva em conta a dificuldade e a finalidade do código, e o relacionamento do dia a dia com os colegas e com a empresa, não é uma avaliação

justa, que faz com que ocorra a desmotivação individual ou geral da equipe. Rotatividade de funcionários é um problema comum às empresas de software (ABDEL-HAMID; MADNICK, 1991; WALLACE; KEIL; RAI, 2004), e uma alta taxa de rotatividade pode levar a uma consequente diminuição de produtividade devida a uma perda de conhecimento (MELO et al., 2011; CORAM; BOHNER, 2005), além do aumento de custo com contratação e treinamento e o mais importante, a perda de talentos que vão em busca de reconhecimento em outra empresa (até mesmo no concorrente).

Várias empresas estão começando a ganhar consciência dessas questões e estão motivadas a melhorar a forma que são feitas as avaliações de desempenho dos desenvolvedores. Este trabalho visa investigar como os supervisores entendem a noção de importância, indicando quais fatores são mais relevantes em suas avaliações sobre os desenvolvedores. Logo, procura-se responder as seguintes perguntas:

1. Quais são os critérios mais importantes usados pelos supervisores em sua classificação sobre os desenvolvedores?
2. É possível construir um classificador de desenvolvedores de alta acurácia, usando os critérios propostos? Essa pergunta pode ser refinada em duas outras perguntas:
  - a) É possível se obter um classificador genérico, i.e., independente de empresa?
  - b) É mais adequado construir classificadores customizados para cada empresa?

## 1.2 Objetivos e Contribuição

Como mencionado anteriormente, o desempenho de um desenvolvedor é muito relacionado com sua produtividade, que possui um conceito clássico de quantidade de entregas. Porém, os supervisores e gerentes que participam ativamente da sua área de desenvolvimento e convivem com os desenvolvedores que ali trabalham, possuem percepções diferentes sobre cada membro de seu time. Isso nada mais é que uma avaliação subjetiva de desempenho, que não considera apenas a produção individual resultante, mas diversas outras características que fazem que o desenvolvedor possua uma determinada importância na visão do seu supervisor.

Entende-se que a métrica mais comum hoje é a “produtividade” no sentido de quantidade de entregas. Porém, muito mais é levado em consideração ao avaliar a importância de um determinado desenvolvedor, o problema é que essa avaliação geralmente acontece de uma forma subjetiva por parte do supervisor, isto é, cada supervisor, de acordo com a vivência, identifica quais os desenvolvedores mais importantes devido à sua percepção, sem a orientação de métricas bem estabelecidas.

Foi feito um levantamento, baseado em estudos passados, de várias métricas que podem influenciar na avaliação de cada desenvolvedor. Será realizada uma pesquisa com

sujeitos humanos (supervisores de áreas de desenvolvimento representando empresas ou times), onde cada um desses sujeitos humanos irá avaliar individualmente os desenvolvedores seguindo as métricas levantadas. Será então analisado o conjunto de dados resultante da aplicação da pesquisa com intuito de identificar um padrão nas avaliações dos desenvolvedores. Dessa forma, pretende-se apontar quais as métricas que mais influenciam na avaliação dos supervisores sobre os desenvolvedores, e também obter um classificador de importância dos desenvolvedores de alta acurácia, utilizando essas métricas mais relevantes. Os supervisores que preencherem uma quantidade significativa de dados (10 ou mais questionários) também terão sua empresa/time analisados individualmente, tanto na descoberta das métricas mais relevantes como na construção do classificador de importância do desenvolvedor.

## 1.3 Estrutura da Dissertação

Além do presente capítulo introdutório, esta pesquisa apresenta-se desenvolvida e documentada dentro da seguinte estrutura organizacional:

### **Capítulo 2: Referencial Teórico**

Nesse capítulo serão apresentados os conceitos importantes que serão abordados ao longo desse trabalho, bem como outros estudos que atuaram neste mesmo tópico e que serviram de base para produção desse estudo.

### **Capítulo 3: Metodologia**

Nesse capítulo será apresentada a metodologia usada para conduzir a pesquisa com sujeito humanos, mostrando a criação do conjunto de critérios para os supervisores avaliarem os desenvolvedores e a aplicação da pesquisa. Será mostrada também a estratégia de seleção de características utilizada para identificar quais critérios possuem maior relevância no momento da avaliação do supervisor, e a estratégia para a construção do classificador de importância dos desenvolvedores.

### **Capítulo 4: Resultados Gerais (todas empresas)**

Nesse capítulo será apresentado o resultado da aplicação da pesquisa, mostrando o número de supervisores e empresas envolvidos na pesquisa e a quantidade de avaliações de desenvolvedores obtidas. Será mostrado também o resultado da aplicação dos algoritmos de seleção de características e de classificação para todas as empresas.

### **Capítulo 5: Resultados individuais (por empresa)**

Nesse capítulo será apresentado o resultado da aplicação da pesquisa, aplicação dos algoritmos de seleção de características e de classificação para as empresas que atingirem o número mínimo de avaliações de desenvolvedores.

**Capítulo 6: Discussão**

Aqui serão discutidos os resultados obtidos da aplicação dos algoritmos de seleção de características e classificação, apresentando também algumas ameaças à validade deste estudo.

**Capítulo 7: Conclusões**

Por fim, baseada nos resultados obtidos, será apresentada a conclusão do trabalho e serão levantadas algumas possibilidades de trabalhos futuros que possam ter como base este estudo.



---

## Referencial Teórico

Este estudo tem como tema principal o conceito de importância dos desenvolvedores, sob as perspectivas dos seus supervisores. Porém, nota-se que esse conceito se mistura com conceitos de produtividade, performance ou eficiência. Vários estudos, que serviram de base para levantar as métricas para os supervisores avaliarem os desenvolvedores, eram na verdade estudos sobre produtividade, controle de custos e qualidade de software.

Ao longo do tempo, vários estudos se dedicaram a encontrar e classificar os chamados fatores de produtividade (VOSBURGH et al., 1984; WALSTON; FELIX, 1977; BROOKS, 1981; HANSON; ROSINSKI, 1985; JONES, 1986; BOEHM; PAPACCIO, 1988; JONES, 1997; SCUDDER; KUCIC, 1991; BANKER; DATAR; KEMERER, 1991; BOEHM, 1984; BANKER; DATAR; KEMERER, 1987; SCACCHI; HURLEY, 1995; BRIAND; EMAM; BOMARIUS, 1998; JONES, 2000; LOKAN, 2001; CLINCY, 2003; WAGNER; RUHE, 2008; de Barros Sampaio et al., 2010). Em COCOMO (BOEHM et al., 2000) (Constructive Cost Model) considerado um dos estudos mais proeminentes na área, Boehm classifica os fatores de produtividade em diversas categorias (produto, projeto, etc.). É possível abstrair ainda mais as categorias e classificar os fatores em fatores técnicos e fatores do tipo “soft” (fatores não-técnicos que influenciam na produtividade) (WAGNER; RUHE, 2008).

De Marco e Lister (DEMARCO; TIMOTHY, 1987) apontaram que “talvez os maiores problemas de trabalhar com sistemas não são tanto tecnológicos quanto sociológicos”. Em seu estudo, por exemplo, eles afirmam que um dos fatores que mais influencia na produtividade é a rotatividade de funcionários (como ressaltado na Seção 1.1). Em suma, eles proporcionaram o primeiro e mais compreensível estudo sobre os fatores “soft” influenciando na produtividade dos desenvolvedores de software (WAGNER; RUHE, 2008).

Como este trabalho se dedica a medir a importância do desenvolvedor, seu foco está mais voltado para os fatores do tipo “soft” do que para os fatores do tipo técnico (que envolvem fatores relativos à produto e projeto, como tamanho do software, levantamentos de requisitos, etc (de Barros Sampaio et al., 2010)).

## 2.1 Levantamento de Características

Nesta seção serão mostrados quais os fatores do tipo “soft” serão utilizados para traduzir do abstrato para o concreto a avaliação dos supervisores sobre seus desenvolvedores. Serão mostrados também estudos onde esses fatores foram referenciados, sob o contexto de avaliação de fatores que influenciam na produtividade dos desenvolvedores de software. Esses fatores, como mostrado na Seção 3.1.1, serão utilizados para compor as métricas do modelo Goal-Question-Metric (GQM), que auxiliará na condução da pesquisa com as empresas.

Primeiramente, é importante citar que foram agrupados os fatores levantados por semelhança de conceito de forma a deixar o levantamento mais conciso. Esses grupos ajudarão na elaboração das perguntas do modelo GQM. São eles:

### **Características técnicas**

Aqui estão agrupados os fatores relativos às habilidades do desenvolvedor. Dentre os fatores mais citados na literatura, foram selecionados quatro, que contemplam a experiência do desenvolvedor em um determinado método ou ferramenta, se ele possui conhecimento especializado em uma determinada tecnologia, ou mesmo se possui uma diversidade de conhecimentos em variadas tecnologias, e sua capacidade em resolver problemas complexos.

### **Características comportamentais (quando em equipe)**

Foram encontrados diversos estudos que mostram como a coesão e a comunicação de um time de desenvolvimento influencia na produtividade dos desenvolvedores pertencentes a esse time. Os fatores aqui agrupados são relativos ao comportamento do desenvolvedor quando encontra um problema ou quando algum colega solicita ajuda e de um modo geral como é a sua comunicação com seus colegas de time.

### **Características Individuais (encontradas no perfil do desenvolvedor)**

Aqui é necessário entrar um pouco na ciência de Gestão de Pessoas. Para usar como fatores de importância do desenvolvedor, foram mapeadas algumas das competências citadas como mais importantes para as organizações hoje em dia. Competência constitui um repertório de comportamentos capazes de integrar, mobilizar, transferir conhecimentos, habilidades, julgamentos e atitudes que agregam valor econômico à organização (BOYATZIS, 1982; BOYATZIS, 2008; SHIRAZI; MORTAZAVI, 2009). As competências selecionadas são mostradas na Tabela 1 e os estudos que as referenciam geralmente estão ligados a estudos de gestão por competências.

### **Compromisso com o Time/Empresa**

Amplamente encontrado em literatura relativa às metodologias de desenvolvimento ágil, por serem fatores que baseiam a filosofia ágil e que visam melhorar a produtividade de um time, estão os fatores mapeados à essa categoria. Foco nos clientes, nos



resultados e organização são alguns deles. Outro fator também se encaixa bem à essa categoria, que é o tempo de trabalho do desenvolvedor na empresa, que representa a fidelização do funcionário.

Tabela 1 – Levantamento dos fatores de importância por grupo de semelhança

| Agrupamentos                    | Fatores de importância  | Referências (Tabela 2) |
|---------------------------------|---|------------------------|
| Características técnicas        | Produtividade (quantidade de entregas)                            | (1)                    |
|                                 | Experiência relevante   |                        |
|                                 | Conhecimento especializado  |                        |
|                                 | Diversidade de habilidades  |                        |
|                                 | Capacidade de resolução de problemas complexos                    |                        |
| Características comportamentais | Principal comportamento do desenvolvedor ao encontrar um problema | (2)                    |
|                                 | Disposição para ajudar colegas quando solicitado                  |                        |
|                                 | Comunicação com os colegas  |                        |
| Características individuais     | Liderança   | (3)                    |
|                                 | Pró-atividade   |                        |
|                                 | Criatividade  |                        |
|                                 | Empreendedorismo  |                        |
| Compromisso com o Time/Empresa  | Foco no cliente   | (4)                    |
|                                 | Foco nos resultados   |                        |
|                                 | Organização e planejamento  |                        |
|                                 | Tempo de trabalho   |                        |

Tabela 2 – Revisão da literatura correlata aos fatores de importância

| Grupos de fatores | Estudos onde os fatores são citados  |
|-------------------|--|
| 1                 | (CHATZOGLOU; MACAULAY, 1997; COLE, 1995; JONES, 1986; MAXWELL; FORSELIUS, 2000; BANKER; DATAR; KEMERER, 1991; BOEHM et al., 2000; BROOKS, 1981; FINNIE; WITTIG; PETKOV, 1993; JONES, 2000; LAKHANPAL, 1993; SCUDDER; KUCIC, 1991; TURCOTTE; RENNISON, 2004; VOSBURGH et al., 1984; WALSTON; FELIX, 1977; WOHLIN; AHLGREN, 1995; WOHLIN; ANDREWS, 2001) |
| 2                 | (ALPER; TJOSVOLD; LAW, 2000; BOEHM et al., 2000; CHATZOGLOU; MACAULAY, 1997; LAKHANPAL, 1993; RASCH, 1991; SCUDDER; KUCIC, 1991; VOSBURGH et al., 1984; WALSTON; FELIX, 1977; WOHLIN; AHLGREN, 1995; LALSING; KISHNAH; PUDARUTH, 2012)   |
| 3                 | (BOYATZIS, 1982; BOYATZIS, 2008; SHIRAZI; MORTAZAVI, 2009; Faria Sueli, 2005; DUTRA, 2004; FLEURY; FLEURY, 2001)   |
| 4                 | (LALSING; KISHNAH; PUDARUTH, 2012; MELO et al., 2011; Faria Sueli, 2005; SCHWABER, 2004; CORAM; BOHNER, 2005)  |

## 2.2 Mineração de dados e Classificação

Segundo Holmes et al. (HOLMES; DONKIN; WITTEN, 1994), mineração de dados se trata de coletar os dados brutos e transformá-los em algo mais útil, como informação ou predições de algo que pode vir a acontecer, que podem ser úteis no mundo real.

Para realizar as análises deste estudo, será utilizado uma ferramenta chama WEKA (Waikato Environment for Knowledge Analysis)(HOLMES; DONKIN; WITTEN, 1994). Weka é um software *open-source* que contém um grande número de algoritmos para classificação, pré-processamento de dados, seleção de características, clusterização, regras de associação entre outros. Será feito uso desses algoritmos de aprendizado de máquina, para realizar a mineração de dados no conjunto de dados resultante da pesquisa.

O uso de algoritmos de aprendizado de máquinas não é novidade no estudo sobre a produtividade dos desenvolvedores. Sharpe et al. (SHARPE; CANGUSSU, 2005) utilizou algoritmos de reconhecimento de padrões, mais especificamente algoritmos de clusterização, para classificar os desenvolvedores de acordo com sua produtividade.

No caso deste estudo, como a avaliação dos desenvolvedores pelos supervisores será

obtida sob um conjunto pré-definido de classes, serão utilizados algoritmos de seleção de características para selecionar apenas as características mais relevantes nessa avaliação, e algoritmos de classificação, que utilizarão essa avaliação dos supervisores como base (classe) para tentar obter a maior acurácia possível perante essa classificação prévia feita pelos supervisores.

Kohavi (KOHAVI et al., 1995) define um classificador como sendo uma função que mapeia uma instância não categorizada à uma categoria utilizando estruturas de dados internas, um algoritmo de indução como sendo um algoritmo que constrói um classificador a partir de um determinado *dataset* e a acurácia de um classificador como sendo a probabilidade dele classificar corretamente uma instância randomicamente selecionada.



---

## Metodologia

Para investigar a prática atual de avaliação de desenvolvedores, é preciso analisar mais profundamente em como as empresas o fazem. No propósito de conduzir esse estudo, foi decidido executar uma pesquisa com sujeitos humanos para extrair a informação desejada e analisá-la. Neste estudo foi pedido para os respondentes avaliarem individualmente seus desenvolvedores, classificando-os primeiramente em níveis de importância, e em seguida preenchendo o restante do formulário com as características do desenvolvedor em questão.

Para analisar os dados obtidos, foram utilizados métodos de classificação para se obter uma visão clara em como as características afetam a classificação dos supervisores, e obter também um classificador que possa ajudar os supervisores a ganhar *insights* de como melhorar a importância geral do time.

Esta seção se dedica a explicar o desenho desse experimento, mostrando a criação e a aplicação da pesquisa com os supervisores, e mostrar também como foi conduzida a análise dos dados obtidos desta pesquisa, incluindo a análise de critérios e a construção do classificador.

### 3.1 Pesquisa

Nas próximas subseções serão tratadas a abordagem utilizada para compor a pesquisa, a aplicação da pesquisa nos supervisores das empresas participantes e a caracterização dos mesmos.

#### 3.1.1 Goal-Question-Metric

Foi utilizada uma abordagem chamada Goal-Question-Metric(GQM) (BASILI; CALDIERA; ROMBACH, 1994) que ajudou a compor a pesquisa. GQM é uma abordagem do tipo *top-down*, que é baseada no pressuposto que primeiro, para se medir algo, é necessário especificar objetivos (goal), dos quais é possível derivar perguntas (question), e

então, especificar as métricas (metric) que precisam ser coletadas para responder essas perguntas.

Para compor um objetivo, é necessário determinar 3 coordenadas:

- a) **Questão (*issue*):** Qual questão/assunto está sendo lido;
- b) **Objeto/Processo (*object/process*):** Qual é o objeto central da análise;
- c) **Ponto de vista (*ViewPoint*):** Sob a perspectiva de quem a análise está sendo feita.

A Tabela 3 mostra o modelo GQM, com o objetivo, as perguntas derivadas do mesmo e as métricas levantadas para responder essas perguntas.

Tabela 3 – Goal-Question-Metric

|                 |  |                                 |
|-----------------|--|---------------------------------|
| <b>Objetivo</b> | <b>Propósito</b>   | Medir                           |
|                 | <b>Questão</b>   | a importância                   |
|                 | <b>Objeto</b>  | do desenvolvedor                |
|                 | <b>Ponto de vista</b>  | sob a perspectiva do supervisor |
| <b>Pergunta</b> | Qual o nível de habilidade técnica que o desenvolvedor em questão possui?      |                                 |
| <b>Métricas</b> | Produtividade  |                                 |
|                 | Experiência relevante  |                                 |
|                 | Conhecimento especializado   |                                 |
|                 | Diversidade de habilidades   |                                 |
|                 | Resolução de problemas complexos   |                                 |
| <b>Pergunta</b> | Qual o nível de habilidade interpessoal que o desenvolvedor em questão possui? |                                 |
| <b>Métricas</b> | Principal comportamento do desenvolvedor ao encontrar um problema              |                                 |
|                 | Comunicação com colegas  |                                 |
|                 | Disposição para ajudar colegas quando solicitado                               |                                 |
| <b>Pergunta</b> | Qual o nível dessas características no perfil comportamental do desenvolvedor? |                                 |
| <b>Métricas</b> | Liderança  |                                 |
|                 | Criatividade   |                                 |
|                 | Empreendedorismo   |                                 |
|                 | Pró-atividade  |                                 |
| <b>Pergunta</b> | Qual o compromisso do desenvolvedor em relação à empresa?                      |                                 |
| <b>Métricas</b> | Tempo de trabalho  |                                 |
|                 | Organização e planejamento   |                                 |
|                 | Foco no cliente  |                                 |
|                 | Foco nos resultados  |                                 |

Para todos os fatores, os supervisores utilizaram uma escala Likert com 5 opções, variando entre “Muito baixo” até “Muito alto”, exceto por dois fatores: “Tempo de tra-

balho”, que recebe um valor numérico representando o número de meses que o desenvolvedor trabalha na empresa, e “Principal comportamento do desenvolvedor ao encontrar um problema”, onde o supervisor deve selecionar uma dentre as seguintes opções:

- ☐ Tenta resolver sozinho (Introspectivo)
- ☐ Busca na documentação e livros (Introspectivo)
- ☐ Procura ou pergunta em sites de perguntas e respostas (Comunicativo)
- ☐ Pede ajuda para os colegas ou supervisores (Comunicativo)

### 3.1.2 Aplicação da Pesquisa

A pesquisa foi aplicada de maneira remota, para dar a liberdade necessária para os respondentes participarem da pesquisa. Para isso, foi utilizada a ferramenta de formulários do Google (Google Form).

Para preservar a privacidade das empresas participantes, não foi solicitado nenhum tipo de identificação, tanto do respondente como do desenvolvedor sendo analisado. A única identificação solicitada foi o nome da empresa de onde vinham as avaliações. Foi necessário solicitar esse dado para uma investigação mais profunda nos casos em que as empresas atingiam o mínimo de 10 desenvolvedores avaliados.

### 3.1.3 Caracterização dos respondentes

A pesquisa foi projetada para ser aplicada em empresas que possuem uma área de desenvolvimento de software, com uma estrutura hierárquica mínima onde existisse o cargo de supervisor, ou gerente, ou engenheiros-chefe, etc (para futuras referências, essa pessoa será referenciada como supervisor).

Os respondentes da pesquisa são supervisores de times de desenvolvimento. Entende-se que eles são as pessoas certas para o fazer, porque diferentemente do dono da empresa eles estão perto o suficiente do dia a dia de trabalho, e conseguem julgar quais os desenvolvedores mais importantes, mesmo que eles não usem um método formalizado para tal. Eles devem responder a avaliação para cada desenvolvedor.

## 3.2 Seleção de Características

No intuito de conduzir a análise dos critérios para determinar quais fatores são os mais relevantes e possuem maior influência na avaliação do supervisor, foi utilizada a ferramenta WEKA.

Vários problemas reais possuem diversas características envolvidas, e apenas algumas dentre elas são relevantes para o objetivo final (KIRA; RENDELL, 1992). Para resolver esse problema, foi utilizada uma estratégia chamada seleção de características (do inglês, *Feature Selection*), onde é selecionado um subconjunto de características para se ter em foco, e o restante é ignorado para acelerar o processo de aprendizado, aprimorar a qualidade do classificador e atingir a melhor acurácia do algoritmo de aprendizado de máquinas (KIRA; RENDELL, 1992; KOHAVI; JOHN, 1997).

O algoritmo utilizado é chamado *GainRatioAttributeEval*, que avalia os atributos um a um independentemente e os ordena de acordo com sua influência sobre a classe. A seleção de características escolhe baseada nessa ordenação, e isso permite eliminar atributos irrelevantes. Esse método, como não avalia um subconjunto de atributos, não elimina atributos redundantes (apenas os irrelevantes), porém como todos os atributos são conhecidos isso não se torna uma ameaça a esse estudo. Por outro lado, por não necessitar de um método de busca, a execução desse algoritmo se torna muito rápida em relação a outros algoritmos com o mesmo propósito.

### 3.3 Classificação

Esta seção se dedica a explicar quais algoritmos de aprendizado de máquinas foram utilizados nesse estudo. Como resultado da pesquisa mencionada na seção 3.1, foi gerado um conjunto com várias avaliações de supervisores sobre os desenvolvedores. Foi pedido para os supervisores classificarem os desenvolvedores em graus de importância, antes de prosseguir com a avaliação sobre as outras características. Dessa forma, no conjunto resultante de dados, possuímos avaliações de 16 diferentes características e uma classificação de importância para cada desenvolvedor. Dessa forma, foi decidido utilizar algoritmos de classificação para fazer a análise desses dados.

Os algoritmos de classificação, que serão referenciados nesse estudo como classificadores, precisam de dois conjuntos de dados: um para realizar o treinamento e um para testar o resultado, para verificar a acurácia do classificador. A Figura 1 mostra o processo que melhor representa esse cenário.

Existe uma variedade de métodos para avaliar a performance de um classificador. É possível, por exemplo, selecionar uma porcentagem de um conjunto de dados para aplicar os algoritmos de aprendizado de máquinas e usar o resto para teste. O método de avaliação padrão e mais confiável é chamado *cross-validation*. Neste caso, foi utilizado o *10-fold cross-validation* que divide o conjunto em 10 partes iguais (as chamadas *folds*), usa 9 partes dessa divisão para treinamento e guarda uma parte para teste, e depois, faz isso mais 9 vezes, sempre alternando a parte utilizada para teste, assim, uma determinada parte é usada 9 vezes para treinamento e uma para teste. O resultado é a média das 10 vezes que o algoritmo executou (KOHAVI et al., 1995).



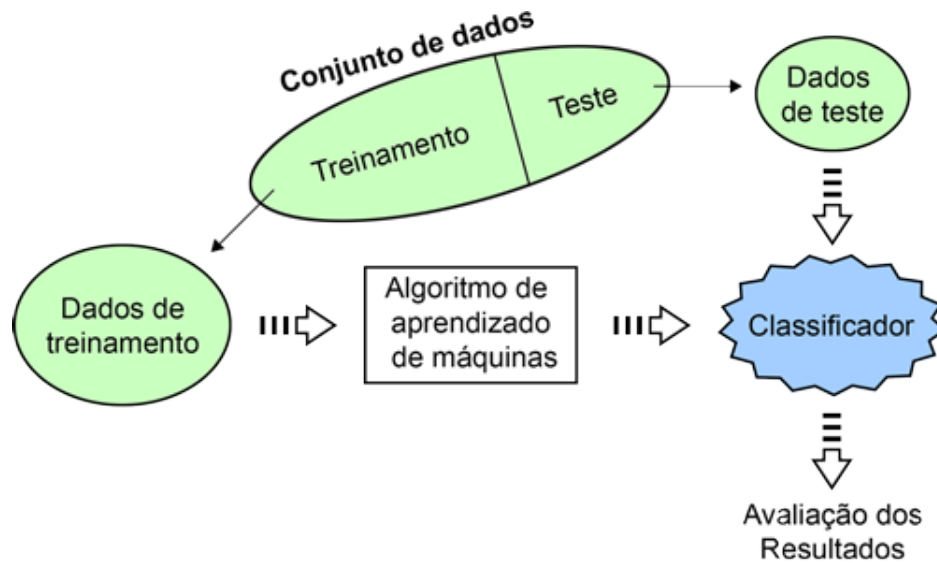


Figura 1 – Processo dos algoritmos de aprendizado de máquinas

Os algoritmos de aprendizado de máquina que foram utilizados são o J48, um classificador em árvore, e o NaïveBayes, um classificador bayesiano.

J48 é uma variação de um famoso sistema chamado C4.5, descrito por Quinlan (QUINLAN, 1993) que usa árvores de decisão para construir um classificador (WEKA inclusive fornece uma visão da árvore gerada com todos os seus pesos).

NaïveBayes é um método probabilístico que possui duas suposições: que os atributos são igualmente importantes e estatisticamente independentes (essa suposição de independência nunca é 100% correta, mas os métodos baseados nela geralmente funcionam bem na prática) (LANGLEY; IBA; THOMPSON, 1992).

Observando as métricas coletadas e o conjunto de dados gerado após a aplicação da pesquisa, esses dois métodos parecem servir bem aos propósitos deste estudo, e os espaços de hipóteses subjacentes (árvores de decisão para o J48 e estatísticas para o NaïveBayes) são diferentes o suficiente que se espera que as conclusões baseadas nesses dois algoritmos de indução sejam aplicáveis a outros algoritmos de indução (KOHAVI et al., 1995).

Foi utilizado também um terceiro algoritmo chamado *AttributeSelectClassifier*, que na verdade usa um método de seleção de características (nesse caso, o *GainRatio*) e um algoritmo para executar a classificação (nesse caso, J48 ou NaïveBayes). Esta é uma maneira mais apropriada para aplicar seleção de características porque assim o algoritmo seleciona as características no conjunto de treinamento, tornando os resultados mais confiáveis.

Por fim, para conduzir todas essas análises foi utilizado um modo do programa WEKA chamado EXPERIMENTER, que permite rodar o mesmo experimento mais de uma vez e determinar a média e o desvio padrão, para evitar falsos resultados otimistas ou pessimistas (alta ou baixa acurácia) devido à seleção de atributos nos conjuntos de treinamento e teste. Esse modo permite comparar os resultados de diferentes algoritmos.



---

## Resultados Gerais (Todas Empresas)

Seguindo os passos apresentados no capítulo anterior, serão mostrados os resultados da aplicação da pesquisa, a seleção de características executada no conjunto de dados gerados por essa pesquisa e a aplicação dos classificadores e suas respectivas acurácias na classificação dos desenvolvedores.

### 4.1 Pesquisa

Primeiramente serão apresentados os dados coletados com a pesquisa. Onze respondentes (supervisores) forneceram 61 respostas (avaliações únicas de desenvolvedores). Em alguns casos, mais de um supervisor trabalha na mesma empresa, porém eles supervisionam diferentes times. No total, oito empresas foram envolvidas na coleta de dados. Na tabela 4, podemos ver, por empresa, quantos supervisores (que supervisionam diferentes times) responderam a pesquisa e quantos desenvolvedores foram avaliados.

Assim como mostrado na Seção 3.1.3, as empresas participantes são empresas que possuem uma área de desenvolvimento de software com ao menos um supervisor. Todas as empresas estão situadas na cidade de Uberlândia e trabalham em seus próprios produtos (não apenas desenvolvem software de maneira terceirizada), mas elas variam em tamanho, considerando quantidade de desenvolvedores como critério, setor de operação (ERP, Telecomunicações, etc), e podem variar em tecnologia utilizada.

Foi pedido para os supervisores classificarem os desenvolvedores em 5 graus de importância. Esses graus de importância e a distribuição dos desenvolvedores avaliados neles é mostrado na Figura 2.

Analisando os resultados da pesquisa, percebe-se que os supervisores podem ter sido, em certo nível, conservadores em classificar seus desenvolvedores nas classificações mais baixas de importância. Uma possível explicação para esse comportamento é o viés criado ao seguir a linha de raciocínio de que se o desenvolvedor possui baixa importância, ele não estaria na equipe. Esse viés na classificação dos desenvolvedores impacta diretamente a acurácia dos classificadores, visto que eles usam a classe como base para tentar des-

Tabela 4 – Relação dos participantes na pesquisa

| Empresa      | Quantidade de supervisores | Quantidade de desenvolvedores avaliados |
|--------------|----------------------------|---|
| A            | 2                          | 20                                      |
| B            | 1                          | 10                                      |
| C            | 3                          | 20                                      |
| D            | 1                          | 4                                       |
| E            | 1                          | 3                                       |
| F            | 1                          | 2                                       |
| G            | 1                          | 1                                       |
| H            | 1                          | 1                                       |
| <b>total</b> | 11                         | 61                                      |

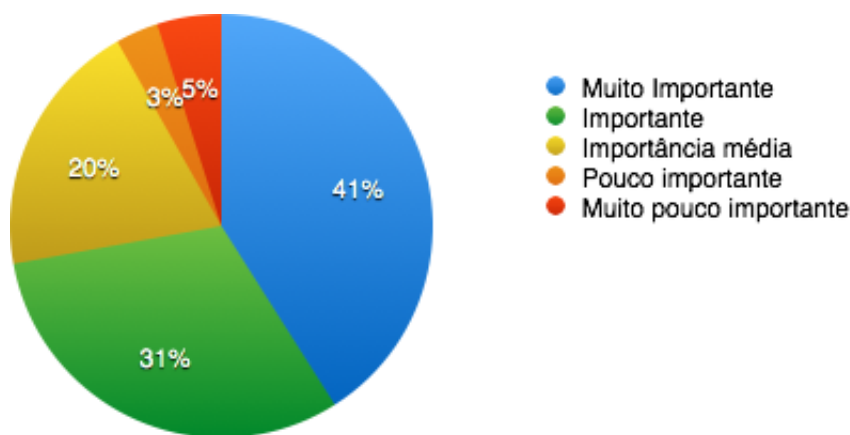


Figura 2 – Distribuição dos desenvolvedores avaliados pelas classes de importância

cobrir um padrão nos dados. Caso a classificação não tenha ficado clara para todos os respondentes, os algoritmos podem se confundir e apresentar erros leves, classificando um determinado indivíduo em classes similares, mas não à classe que ele realmente pertence. Esses erros em grande quantidade interferem e possuem um impacto negativo significativo na acurácia do classificador que é proposto neste estudo.

A partir dessa análise, juntamente com a análise da matriz de confusão gerada pela aplicação dos algoritmos descritos na Seção 3.3, decidiu-se agrupar os desenvolvedores em apenas duas classes, baseadas nas cinco classes originais de importância, como mostrado na Tabela 5, com o intuito de obter uma análise mais realística.

Utilizando esse novo conjunto de classes para agrupar os desenvolvedores, obteve-se a

distribuição mostrada na Figura 3.

Tabela 5 – Novo conjunto de classes de desenvolvedores

| Novo conjunto de classes | Conjunto de classes originais |
|--------------------------|-------------------------------|
| Alta importância         | Muito importante              |
|                          | Importante                    |
| Baixa importância        | Importância média             |
|                          | Pouco importante              |
|                          | Muito pouco importante        |

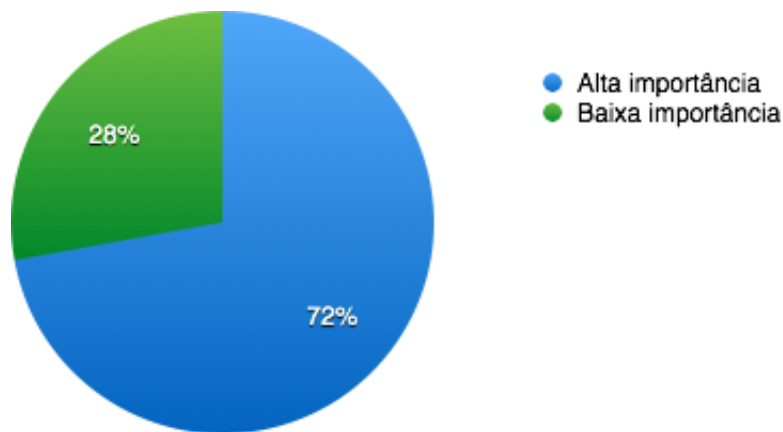


Figura 3 – Distribuição dos desenvolvedores avaliados pela nova classe de importância

## 4.2 Seleção de Características

Como explicado na Seção 3.2, foi utilizado o algoritmo *GainRatio* para ordenar as características propostas, para prosseguir com a seleção de características. A Tabela 6 apresentam as características, a posição média de cada característica na ordenação e o mérito médio (grau de influência da característica na classificação, calculado pelo algoritmo) resultante da aplicação do algoritmo usando as classes originais e a Tabela 7 mostra a mesma visão, utilizando o novo conjunto de 2 classes (são apresentadas as médias da posição e do mérito pois o algoritmo utiliza o *10-fold cross-validation*, ou seja, ele roda 10 vezes, selecionando diferentes conjuntos de dados, e retorna a média dos resultados).

É possível notar algumas semelhanças e diferenças entre essas tabelas. as três primeiras características da primeira tabela, por exemplo, ocupam também as três primeiras posições na segunda, apesar de estarem em ordem diferente, o que mostra que a mudança do conjunto de classes não teve um impacto muito significativo na relevância dessas características. Porém, após as três primeiras, é possível notar algumas diferenças mais

expressivas no posicionamento dos características, mostrando então um maior impacto nas características menos relevantes causada pela troca do conjunto de classes.

Tabela 6 – Ordenação das características (conjunto original de 5 classes)

| <b>Características</b>  | <b>Posição média</b> | <b>Mérito médio</b> |
|---|----------------------|---------------------|
| Capacidade de resolução de problemas complexos                          | 1.4 +- 0.49          | 0.303 +- 0.03       |
| Qual a sua avaliação sobre a produtividade do desenvolvedor em questão? | 1.6 +- 0.49          | 0.29 +- 0.022       |
| Pró-atividade   | 3.6 +- 0.92          | 0.226 +- 0.01       |
| Experiência relevante   | 4.8 +- 1.17          | 0.211 +- 0.014      |
| Diversidade de habilidades  | 5.6 +- 1.36          | 0.202 +- 0.022      |
| Conhecimento especializado  | 6.1 +- 2.51          | 0.2 +- 0.026        |
| Tempo de trabalho (meses)   | 7.1 +- 1.37          | 0.184 +- 0.012      |
| Criatividade  | 7.4 +- 1.62          | 0.18 +- 0.021       |
| Foco nos resultados   | 8.7 +- 1.27          | 0.167 +- 0.017      |
| Foco no cliente   | 10 +- 2.45           | 0.148 +- 0.023      |
| Principal comportamento do desenvolvedor                                | 11.1 +- 1.58         | 0.14 +- 0.021       |
| Comunicação com os colegas  | 11.6 +- 1.02         | 0.137 +- 0.011      |
| Organização e planejamento  | 12.3 +- 1.27         | 0.122 +- 0.015      |
| Liderança   | 14.5 +- 1.2          | 0.097 +- 0.018      |
| Empreendedorismo  | 15 +- 0.89           | 0.087 +- 0.012      |
| Disposição para ajudar colegas quando solicitado                        | 15.2 +- 0.6          | 0.084 +- 0.014      |

Tabela 7 – Ordenação das características (novo conjunto de 2 classes)

| <b>Características</b>  | <b>Posição média</b> | <b>Mérito médio</b> |
|---|----------------------|---------------------|
| Pró-atividade   | 1.2 +- 0.4           | 0.168 +- 0.01       |
| Qual a sua avaliação sobre a produtividade do desenvolvedor em questão? | 1.9 +- 0.54          | 0.156 +- 0.017      |
| Capacidade de resolução de problemas complexos                          | 3.2 +- 0.6           | 0.126 +- 0.013      |
| Foco nos resultados   | 4.8 +- 0.98          | 0.112 +- 0.018      |
| Experiência relevante   | 4.9 +- 1.3           | 0.107 +- 0.018      |
| Criatividade  | 6.5 +- 1.36          | 0.095 +- 0.008      |
| Organização e planejamento  | 6.9 +- 2.21          | 0.09 +- 0.014       |
| Diversidade de habilidades  | 8.1 +- 1.14          | 0.08 +- 0.011       |
| Conhecimento especializado  | 9.2 +- 1.78          | 0.071 +- 0.013      |
| Foco no cliente   | 10.3 +- 1.95         | 0.063 +- 0.012      |
| Tempo de trabalho (meses)   | 10.8 +- 1.08         | 0.063 +- 0.01       |
| Disposição para ajudar colegas quando solicitado                        | 11.6 +- 2.24         | 0.057 +- 0.019      |
| Liderança   | 12 +- 0.89           | 0.052 +- 0.004      |
| Comunicação com os colegas  | 13.6 +- 0.92         | 0.039 +- 0.009      |
| Empreendedorismo  | 15.5 +- 0.5          | 0.015 +- 0.005      |
| Principal comportamento do desenvolvedor                                | 15.5 +- 0.5          | 0.016 +- 0.007      |

### 4.3 Classificação

Considerando que as características foram ordenados, foi aplicado a técnica de seleção de características e usado apenas as características mais relevantes na classificação. Para determinar quantas características precisam ser selecionadas para se obter uma maior performance, foi conduzido um teste exaustivo (os classificadores rodaram com um crescente número de características selecionadas, de 2 a 16) e escolhido a configuração com melhor performance (8 características).

A Tabela 10 e a Tabela 11 mostram a aplicação exaustiva do algoritmo que associa a seleção de características com os algoritmos de classificação, para o J48 e para o NaïveBayes respectivamente, mostrando na primeira coluna a quantidade de características utilizadas naquele momento, e na segunda e terceira coluna a porcentagem de acertos (percentual de instâncias corretamente classificadas) para o conjunto original de 5 classes e para o conjunto de 2 classes, respectivamente.

A Tabela 8 mostra os resultados da aplicação do algoritmo J48. Neste caso, o J48 não apresentou uma boa performance, com acurácia perto de 60%, para o conjunto original de classes, porém já apresentou uma acurácia significativa ao ser aplicado sobre o novo conjunto de classes (80% de acertos). No caso do J48, para ambos os conjuntos de classe, o classificador obteve a melhor performance utilizando apenas 2 características, como mostrado na Tabela 10.

NaïveBayes, como mostrado na Tabela 9 obteve uma performance similar ao J48 quando aplicado no conjunto original de classes (acurácia perto de 61%). Já para o novo conjunto de classes, NaïveBayes atingiu uma acurácia expressiva de 85%. Ambos os melhores resultados do NaïveBayes foram atingidos utilizando 8 características, como mostra a Tabela 11.

Tabela 8 – Aplicação do J48 para os diferentes conjuntos de classe

| Classe                         | Porcentagem de acertos |
|--------------------------------|------------------------|
| Conjunto original de 5 classes | 60.64%                 |
| Conjunto com 2 classes         | 80.14%                 |

Tabela 9 – Aplicação do NaïveBayes para os diferentes conjuntos de classe

| Classe                         | Porcentagem de acertos |
|--------------------------------|------------------------|
| Conjunto original de 5 classes | 61.12%                 |
| Conjunto com 2 classes         | 85.62%                 |



Tabela 10 – Aplicação exaustiva do J48

| Número de características | % de acertos - conjunto original de 5 classes | % de acertos - conjunto de 2 classes |
|---------------------------|---|--------------------------------------|
| 2                         | 60,64   | 80,14                                |
| 3                         | 55,38   | 78,33                                |
| 4                         | 58,55   | 77,67                                |
| 5                         | 57,14   | 77,5                                 |
| 6                         | 56,31   | 77,02                                |
| 7                         | 53,45   | 76,52                                |
| 8                         | 51,88   | 75,88                                |
| 9                         | 51,07   | 75,24                                |
| 10                        | 50,6  | 74,74                                |
| 11                        | 49,29   | 74,74                                |
| 12                        | 48,64   | 74,74                                |
| 13                        | 48,81   | 74,74                                |
| 14                        | 48,14   | 74,74                                |
| 15                        | 48,48   | 74,6                                 |
| 16                        | 48,48   | 74,6                                 |

Tabela 11 – Aplicação exaustiva do NaïveBayes

| Número de características | % de acertos - conjunto original de 5 classes | % de acertos - conjunto de 2 classes |
|---------------------------|---|--------------------------------------|
| 2                         | 60,02   | 80,81                                |
| 3                         | 57,19   | 80,95                                |
| 4                         | 55,79   | 82,38                                |
| 5                         | 57,88   | 82,83                                |
| 6                         | 59,52   | 85,62                                |
| 7                         | 58,81   | 84,69                                |
| 8                         | 61,12   | 85,21                                |
| 9                         | 58,5  | 82,55                                |
| 10                        | 58,52   | 82,55                                |
| 11                        | 59,21   | 82,21                                |
| 12                        | 58,71   | 82,55                                |
| 13                        | 59,02   | 83,55                                |
| 14                        | 59,48   | 83,88                                |
| 15                        | 58,69   | 84,17                                |
| 16                        | 58,57   | 83,52                                |

---

## Resultados Individuais por Empresa

Na pesquisa realizada com as empresas, 3 delas atingiram o número mínimo de respostas que permitem uma análise individual da empresa (10 avaliações de desenvolvedores). Serão apresentados nesse capítulo os resultados obtidos ao analisar individualmente essas empresas. Para fins de anonimato, elas não serão identificadas. No decorrer do texto, elas serão referenciadas como “Empresa A”, “Empresa B” e “Empresa C”, como apresentado na Tabela 4.

### 5.1 Análise das Empresas

Para cada uma das 3 empresas, foi feita a análise utilizando os dois conjuntos de classes, apontando as diferenças nos resultados. Será mostrado então a distribuição dos desenvolvedores ao longo dos dois conjuntos de classes, a seleção de características executadas no conjunto de dados resultantes da pesquisa respondida pelos supervisores das respectivas empresas e o resultado da aplicação dos algoritmos de classificação (dados de diferentes times, porém pertencentes à mesma empresa foram mesclados para uma visão geral da empresa).

Assim como foi feito com o conjunto de dados de todas as empresas, foram aplicados os algoritmos de classificação J48 e NaïveBayes nos dados fornecidos pelas respectivas empresas, utilizando tanto o conjunto original de 5 classes quanto o conjunto de 2 classes.

Como explicado na Seção 3.3, para associar a seleção de características com os algoritmos de classificação da maneira correta, foi utilizado o Algoritmo *AttributeSelectedClassifier*, usando o algoritmo *GainRatioAttributeEval* para selecionar as características mais relevantes. E da mesma maneira que foi realizado a seleção de características ao ser analisado o conjunto de dados de todas as empresas (apresentado na Seção 4.3), a quantidade de características ideal que maximiza a acurácia dos classificadores é escolhida através de um teste exaustivo, começando com apenas duas características e aumentando uma a uma até chegar nas dezesseis características apresentadas na Tabela 3 (o processo foi iniciado com um número de características maior que 1 pois o objetivo não é encontrar

correlação de alguma característica em específico com a classe, e sim encontrar um padrão na combinação de características que se correlacione com a importância dada pelo supervisor).

### 5.1.1 Análise da Empresa A

#### 5.1.1.1 Pesquisa

A empresa A apresentou avaliações de 2 supervisores. Como eram times com propósitos bem diferentes, foram consideradas apenas as avaliações de um dos times para representar a Empresa A, visto que o segundo não obteve avaliações suficientes para ser analisado individualmente. Logo, o time avaliado obteve 19 avaliações de desenvolvedores.

A Figura 4 e a Figura 5 mostram a distribuição dos desenvolvedores pelo conjunto de classes original e pelo conjunto de 2 classes, respectivamente. É possível notar que, ao comparar a distribuição dos desenvolvedores pelo conjunto original de 5 classes (Figura 4) desse empresa com o conjunto das empresas em geral (Figura 2), a Empresa A também apresentou um baixo uso das duas classes de importância mais baixas, porém, por ter utilizado mais a classe de importância média, obteve uma distribuição dos desenvolvedores mais balanceada no que se diz respeito ao novo conjunto de duas classes.

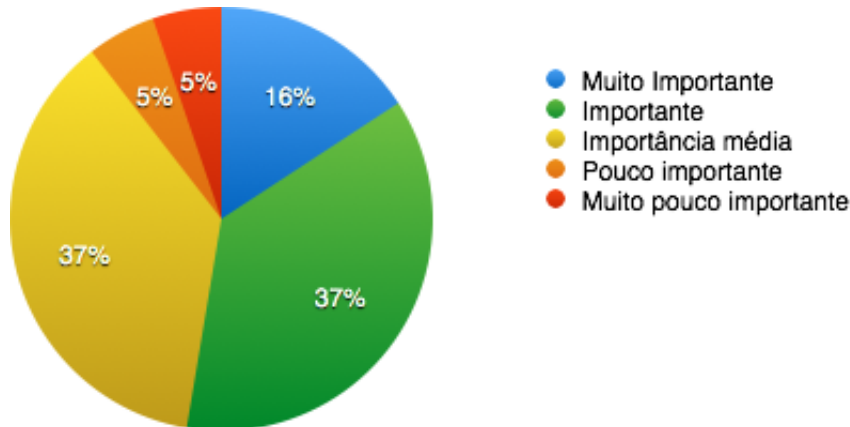


Figura 4 – Distribuição dos desenvolvedores pelo conjunto original de 5 classes (Empresa A)

#### 5.1.1.2 Seleção de Características

O resultado da aplicação do algoritmo de seleção de características para o conjunto original de 5 classes e para o conjunto de 2 classes é apresentado na Tabela 12 e na Tabela 13 respectivamente.

Ao comparar o resultado da aplicação dos algoritmos para ambos os conjuntos de classe, assim como aconteceu para os dados de todas as empresas, não houve grande variação entre os fatores melhores posicionados. Em ambas as tabelas, as características mais relevantes tendem mais para o lado das características individuais e para o compromisso

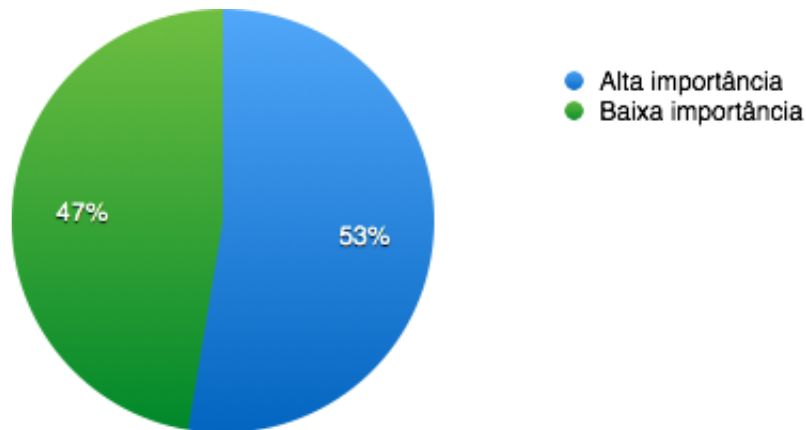


Figura 5 – Distribuição dos desenvolvedores pelo conjunto de 2 classes (Empresa A)

do desenvolvedor para com a empresa, apesar de um fator técnico, de capacidade de resolução de problemas complexos, se fazer presente como característica relevante nos dois cenários.

Ao fazer uma comparação entre os resultados da seleção de características da Empresa A com os dados de todas as empresas, pelo seu respectivo conjunto de classes, é possível encontrar algumas semelhanças, como a característica mais relevante ser o mesmo tanto para o conjunto de 5 classes quanto para o de 2 classes, respectivamente, e também algumas diferenças significativas, como a distância entre um mesmo fator nos respectivos conjuntos, como os fatores de “Criatividade” e “Avaliação de produtividade” para o conjunto de 5 classes e “Comunicação com os colegas” para o conjunto de 2 classes.

Tabela 12 – Ordenação das características da Empresa A (conjunto original de 5 classes)

| <b>Características</b>  | <b>Posição média</b> | <b>Mérito médio</b> |
|---|----------------------|---------------------|
| Capacidade de resolução de problemas complexos                          | 1.5 +- 0.81          | 0.582 +- 0.038      |
| Foco nos resultados   | 2.6 +- 1.02          | 0.519 +- 0.047      |
| Criatividade  | 3 +- 1               | 0.504 +- 0.035      |
| Pró-atividade   | 5.1 +- 2.12          | 0.456 +- 0.048      |
| Foco no cliente   | 6.4 +- 1.96          | 0.437 +- 0.04       |
| Diversidade de habilidades  | 6.5 +- 1.91          | 0.435 +- 0.025      |
| Experiência relevante   | 6.9 +- 2.39          | 0.427 +- 0.035      |
| Conhecimento especializado  | 8.9 +- 3.05          | 0.396 +- 0.053      |
| Principal comportamento do desenvolvedor                                | 9.4 +- 2.91          | 0.384 +- 0.058      |
| Qual a sua avaliação sobre a produtividade do desenvolvedor em questão? | 9.8 +- 2.44          | 0.383 +- 0.041      |
| Comunicação com os colegas  | 10.5 +- 2.16         | 0.371 +- 0.051      |
| Empreendedorismo  | 11.7 +- 1.79         | 0.351 +- 0.047      |
| Disposição para ajudar colegas quando solicitado                        | 12.1 +- 2.62         | 0.348 +- 0.05       |
| Organização e planejamento  | 12.6 +- 2.24         | 0.336 +- 0.042      |
| Tempo de trabalho (meses)   | 14.5 +- 4.5          | 0.064 +- 0.192      |
| Liderança   | 14.5 +- 0.81         | 0.285 +- 0.063      |

Tabela 13 – Ordenação das características da Empresa A (conjunto de 2 classes)

| <b>Características</b>  | <b>Posição média</b> | <b>Mérito médio</b> |
|---|----------------------|---------------------|
| Pró-atividade   | 1.2 +- 0.4           | 0.323 +- 0.021      |
| Capacidade de resolução de problemas complexos                          | 2.4 +- 0.8           | 0.298 +- 0.032      |
| Comunicação com os colegas  | 4 +- 1.48            | 0.254 +- 0.024      |
| Foco nos resultados   | 5 +- 1.48            | 0.23 +- 0.029       |
| Criatividade  | 6.7 +- 1.68          | 0.206 +- 0.025      |
| Qual a sua avaliação sobre a produtividade do desenvolvedor em questão? | 7.5 +- 2.01          | 0.187 +- 0.026      |
| Organização e planejamento  | 7.8 +- 3.22          | 0.191 +- 0.035      |
| Conhecimento especializado  | 8.2 +- 3.28          | 0.189 +- 0.056      |
| Experiência relevante   | 9.2 +- 3.12          | 0.173 +- 0.04       |
| Empreendedorismo  | 10.2 +- 3.22         | 0.171 +- 0.037      |
| Principal comportamento do desenvolvedor                                | 10.4 +- 3.8          | 0.172 +- 0.052      |
| Disposição para ajudar colegas quando solicitado                        | 11.1 +- 4.35         | 0.156 +- 0.049      |
| Foco no cliente   | 11.2 +- 1.72         | 0.158 +- 0.02       |
| Liderança   | 13 +- 2.53           | 0.137 +- 0.039      |
| Diversidade de habilidades  | 13.4 +- 3.1          | 0.136 +- 0.046      |
| Tempo de trabalho (meses)   | 14.7 +- 1.68         | 0.123 +- 0.022      |

### 5.1.1.3 Classificação

A Tabela 14 e a Tabela 15 apresentam os melhores resultados obtidos através da aplicação dos algoritmos J48 e NaïveBayes nos dados da Empresa A, respectivamente. Os algoritmos foram aplicados em ambos conjuntos de 5 classes (original) e de 2 classes.

A Tabela 16 e a Tabela 17 mostram a aplicação exaustiva do algoritmo que associa a seleção de características com os algoritmos de classificação, para o J48 e para o NaïveBayes, respectivamente.

Observando o teste exaustivo do J48, é possível notar que ele obteve uma melhor performance utilizando um pequeno número de características ao realizar a classificação. No caso do conjunto original de 5 classes, os melhores resultados foram obtidos selecionando de 2 a 4 características, e ao ser aplicado utilizando o conjunto de 2 classes, a melhor acurácia foi obtida selecionando apenas 2 características. É importante ressaltar também o aumento de aproximadamente 20% na acurácia do classificador utilizando a segunda classe de dados.

Diferentemente do J48, o NaïveBayes obteve uma melhor performance ao selecionar um maior número de características, de 13 a 15 no conjunto original de 5 classes e acima de 7 no conjunto de 2 classes. O NaïveBayes também teve uma melhoria de performance considerável ao utilizar o novo conjunto de dados (11%).

Ambos os algoritmos, na sua melhor configuração de quantidade de características selecionadas para a classificação, e utilizando o conjunto de 2 classes que proporcionou um aumento em suas respectivas acurácias, produziram uma porcentagem de acertos de 79,5%. Apesar de ser uma porcentagem relevante, essa acurácia é menor que a acurácia obtida ao ser analisado o conjunto com os dados de todas as empresas

Tabela 14 – Aplicação do J48 para os diferentes conjuntos de classe da Empresa A

| Classe                         | Porcentagem de acertos |
|--------------------------------|------------------------|
| Conjunto original de 5 classes | 59%                    |
| Conjunto com 2 classes         | 79.50%                 |

Tabela 15 – Aplicação do NaïveBayes para os diferentes conjuntos de classe da Empresa A

| Classe                         | Porcentagem de acertos |
|--------------------------------|------------------------|
| Conjunto original de 5 classes | 68.50%                 |
| Conjunto com 2 classes         | 79.50%                 |



Tabela 16 – Aplicação exaustiva do J48 para a empresa A

| Número de características | % de acertos - conjunto original de 5 classes | % de acertos - conjunto de 2 classes |
|---------------------------|---|--------------------------------------|
| 2                         | 57  | 79,5                                 |
| 3                         | 59  | 76                                   |
| 4                         | 59  | 75,5                                 |
| 5                         | 59  | 75,5                                 |
| 6                         | 57  | 75,5                                 |
| 7                         | 57  | 75,5                                 |
| 8                         | 57  | 75,5                                 |
| 9                         | 57  | 75,5                                 |
| 10                        | 56,5  | 75,5                                 |
| 11                        | 56,5  | 74,5                                 |
| 12                        | 56,5  | 74,5                                 |
| 13                        | 56,5  | 74,5                                 |
| 14                        | 56,5  | 74,5                                 |
| 15                        | 56,5  | 74,5                                 |
| 16                        | 56,5  | 74,5                                 |

Tabela 17 – Aplicação exaustiva do NaïveBayes para a empresa A

| Número de características | % de acertos - conjunto original de 5 classes | % de acertos - conjunto de 2 classes |
|---------------------------|---|--------------------------------------|
| 2                         | 58  | 78                                   |
| 3                         | 59,5  | 73                                   |
| 4                         | 55,5  | 68                                   |
| 5                         | 58  | 71,5                                 |
| 6                         | 57  | 75,5                                 |
| 7                         | 58  | 78                                   |
| 8                         | 59  | 79,5                                 |
| 9                         | 58  | 79,5                                 |
| 10                        | 64  | 79,5                                 |
| 11                        | 62,5  | 79,5                                 |
| 12                        | 67  | 79,5                                 |
| 13                        | 68,5  | 79,5                                 |
| 14                        | 68,5  | 79,5                                 |
| 15                        | 68,5  | 79,5                                 |
| 16                        | 55,5  | 79,5                                 |

## 5.1.2 Análise da Empresa B

### 5.1.2.1 Pesquisa

A Empresa B obteve 10 avaliações de desenvolvedores feitas por um único supervisor. A Figura 6 e a Figura 7 mostram a distribuição dos desenvolvedores pelo conjunto de classes original e pelo conjunto de 2 classes, respectivamente.

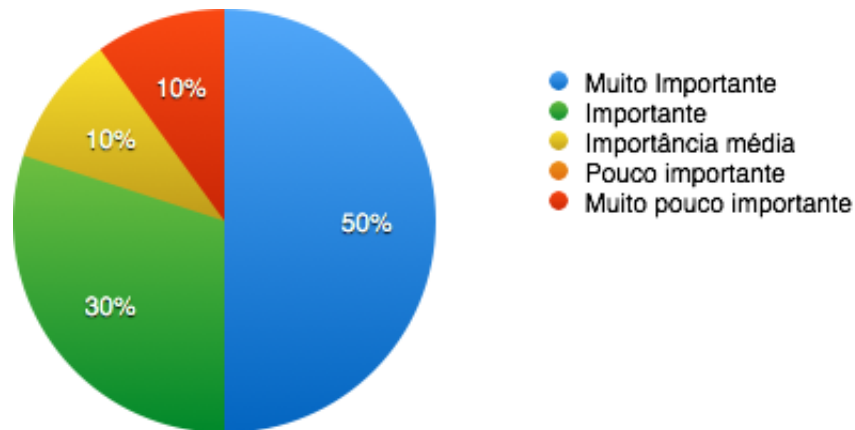


Figura 6 – Distribuição dos desenvolvedores pelo conjunto original de 5 classes (Empresa B)

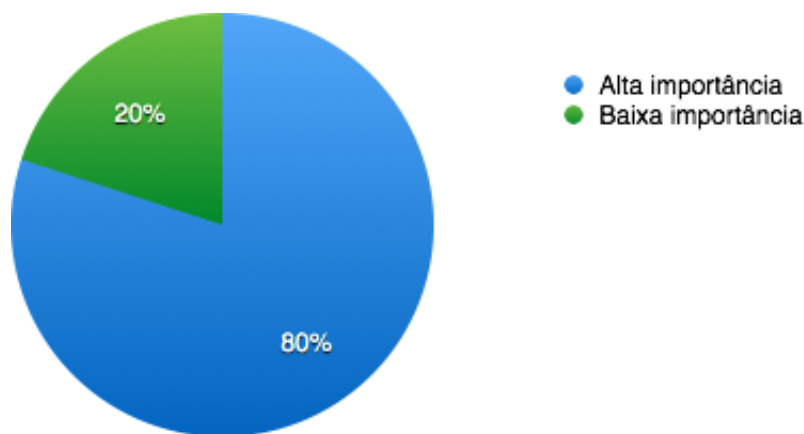


Figura 7 – Distribuição dos desenvolvedores pelo conjunto de 2 classes (Empresa B)

### 5.1.2.2 Seleção de Características

O resultado da aplicação do algoritmo de seleção de características para o conjunto original de 5 classes e para o conjunto de 2 classes é apresentado na Tabela 18 e na Tabela 19 respectivamente.

No caso da Empresa B, as características variam significativamente quando há a troca das classes sendo analisadas, e também diferem do resultado do conjunto de dados de todas as empresas.

Tabela 18 – Ordenação das características da Empresa B (conjunto original de 5 classes)

| <b>Características</b>  | <b>Posição média</b> | <b>Mérito médio</b> |
|---|----------------------|---------------------|
| Capacidade de resolução de problemas complexos                          | 1.3 +- 0.46          | 0.772 +- 0.078      |
| Liderança   | 2.4 +- 1.02          | 0.652 +- 0.118      |
| Tempo de trabalho (meses)   | 4.6 +- 1.43          | 0.562 +- 0.063      |
| Foco nos resultados   | 5 +- 3.63            | 0.611 +- 0.179      |
| Experiência relevante   | 5.3 +- 3.29          | 0.611 +- 0.179      |
| Organização e planejamento  | 6.4 +- 1.8           | 0.506 +- 0.073      |
| Conhecimento especializado  | 6.7 +- 2.1           | 0.515 +- 0.094      |
| Diversidade de habilidades  | 8 +- 1.48            | 0.456 +- 0.06       |
| Criatividade  | 9.7 +- 2.79          | 0.413 +- 0.119      |
| Qual a sua avaliação sobre a produtividade do desenvolvedor em questão? | 11.1 +- 2.43         | 0.361 +- 0.076      |
| Pró-atividade   | 11.2 +- 1.54         | 0.35 +- 0.04        |
| Foco no cliente   | 11.2 +- 4.04         | 0.373 +- 0.133      |
| Empreendedorismo  | 11.4 +- 1.74         | 0.36 +- 0.079       |
| Disposição para ajudar colegas quando solicitado                        | 12.4 +- 1.85         | 0.339 +- 0.08       |
| Comunicação com os colegas  | 13.6 +- 2.15         | 0.318 +- 0.087      |
| Principal comportamento do desenvolvedor                                | 15.7 +- 0.64         | 0.235 +- 0.048      |

Tabela 19 – Ordenação das características da Empresa B (conjunto de 2 classes)

| <b>Características</b>  | <b>Posição média</b> | <b>Mérito médio</b> |
|---|----------------------|---------------------|
| Foco nos resultados   | 2.9 +- 4.41          | 0.327 +- 0.131      |
| Comunicação com os colegas  | 3.3 +- 1.42          | 0.244 +- 0.067      |
| Experiência relevante   | 3.4 +- 4.25          | 0.327 +- 0.131      |
| Criatividade  | 4.1 +- 2.07          | 0.26 +- 0.069       |
| Capacidade de resolução de problemas complexos                          | 5.6 +- 1.56          | 0.151 +- 0.052      |
| Pró-atividade   | 8.1 +- 3.14          | 0.112 +- 0.028      |
| Principal comportamento do desenvolvedor                                | 8.1 +- 3.18          | 0.112 +- 0.028      |
| Tempo de trabalho (meses)   | 8.6 +- 2.29          | 0.109 +- 0.033      |
| Diversidade de habilidades  | 8.6 +- 3.5           | 0.119 +- 0.06       |
| Qual a sua avaliação sobre a produtividade do desenvolvedor em questão? | 9.4 +- 1.74          | 0.093 +- 0.022      |
| Empreendedorismo  | 9.6 +- 1.85          | 0.093 +- 0.022      |
| Disposição para ajudar colegas quando solicitado                        | 11.3 +- 1.42         | 0.063 +- 0.02       |
| Conhecimento especializado  | 12.7 +- 1.42         | 0.043 +- 0.026      |
| Organização e planejamento  | 12.9 +- 2.84         | 0.031 +- 0.043      |
| Foco no cliente   | 13.3 +- 3.23         | 0.031 +- 0.043      |
| Liderança   | 14.1 +- 3.67         | 0.023 +- 0.04       |

### 5.1.2.3 Classificação

A Tabela 20 e a Tabela 21 apresentam os melhores resultados obtidos através da aplicação dos algoritmos J48 e NaïveBayes nos dados da empresa B, respectivamente. Os algoritmos foram aplicados em ambos conjuntos de 5 classes (original) e de 2 classes.

A Tabela 22 e a Tabela 23 mostram a aplicação exaustiva do algoritmo que associa a seleção de características com os algoritmos de classificação, para o J48 e para o NaïveBayes respectivamente.

Observando o teste exaustivo do J48, é possível notar que, para o conjunto de classes original, o algoritmo obteve uma melhor performance utilizando um menor número de características (de 2 a 6). Já ao utilizar o conjunto de 2 classes, o classificador obteve a mesma acurácia independentemente do número de características utilizado. Utilizando o segundo conjunto de classes, o J48 teve um aumento de 10% em sua acurácia final.

No caso da Empresa B, o algoritmo NaïveBayes obteve uma performance extremamente semelhante ao J48, mantendo a performance praticamente constante de acordo com a variação das características selecionadas, obtendo uma melhoria de 10% ao utilizar o conjunto de 2 classes, e obtendo uma acurácia final de 80%. Assim como a Empresa A, a acurácia obtida pelos classificadores da Empresa B é menor que a acurácia obtida para o conjunto de dados de todas as empresas.

Tabela 20 – Aplicação do J48 para os diferentes conjuntos de classe da Empresa B

| Classe                         | Porcentagem de acertos |
|--------------------------------|------------------------|
| Conjunto original de 5 classes | 70%                    |
| Conjunto com 2 classes         | 80%                    |

Tabela 21 – Aplicação do NaïveBayes para os diferentes conjuntos de classe da Empresa B

| Classe                         | Porcentagem de acertos |
|--------------------------------|------------------------|
| Conjunto original de 5 classes | 70%                    |
| Conjunto com 2 classes         | 80%                    |

Tabela 22 – Aplicação exaustiva do J48 para a empresa B

| Número de características | % de acertos - conjunto original de 5 classes | % de acertos - conjunto de 2 classes |
|---------------------------|---|--------------------------------------|
| 2                         | 70  | 80                                   |
| 3                         | 70  | 80                                   |
| 4                         | 70  | 80                                   |
| 5                         | 70  | 80                                   |
| 6                         | 70  | 80                                   |
| 7                         | 70  | 80                                   |
| 8                         | 60  | 80                                   |
| 9                         | 60  | 80                                   |
| 10                        | 60  | 80                                   |
| 11                        | 60  | 80                                   |
| 12                        | 60  | 80                                   |
| 13                        | 60  | 80                                   |
| 14                        | 60  | 80                                   |
| 15                        | 60  | 80                                   |
| 16                        | 60  | 80                                   |

Tabela 23 – Aplicação exaustiva do NaïveBayes para a empresa B

| Número de características | % de acertos - conjunto original de 5 classes | % de acertos - conjunto de 2 classes |
|---------------------------|---|--------------------------------------|
| 2                         | 70  | 70                                   |
| 3                         | 70  | 80                                   |
| 4                         | 70  | 80                                   |
| 5                         | 70  | 80                                   |
| 6                         | 70  | 80                                   |
| 7                         | 70  | 70                                   |
| 8                         | 70  | 80                                   |
| 9                         | 70  | 80                                   |
| 10                        | 70  | 80                                   |
| 11                        | 70  | 80                                   |
| 12                        | 70  | 80                                   |
| 13                        | 70  | 80                                   |
| 14                        | 70  | 80                                   |
| 15                        | 70  | 80                                   |
| 16                        | 70  | 80                                   |



### 5.1.3 Análise da Empresa C

#### 5.1.3.1 Pesquisa

A Empresa C obteve 18 avaliações de desenvolvedores, dadas por 2 diferentes supervisores. Apesar de serem times diferentes, ambos fazem parte da mesma indústria de software, por isso decidiu-se mesclar os dados e fazer uma avaliação conjunta. A Empresa C também obteve mais 2 avaliações dadas por um terceiro supervisor, mas os dados foram excluídos dessa análise pelo propósito desse time ser bastante diferente dos dois primeiros. A Figura 8 e a Figura 9 mostram a distribuição dos desenvolvedores pelo conjunto de classes original e pelo conjunto de 2 classes, respectivamente.

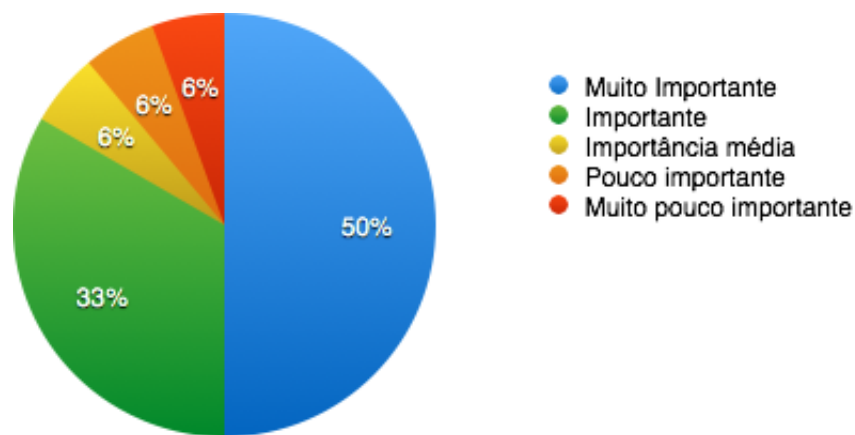


Figura 8 – Distribuição dos desenvolvedores pelo conjunto original de 5 classes (Empresa C)

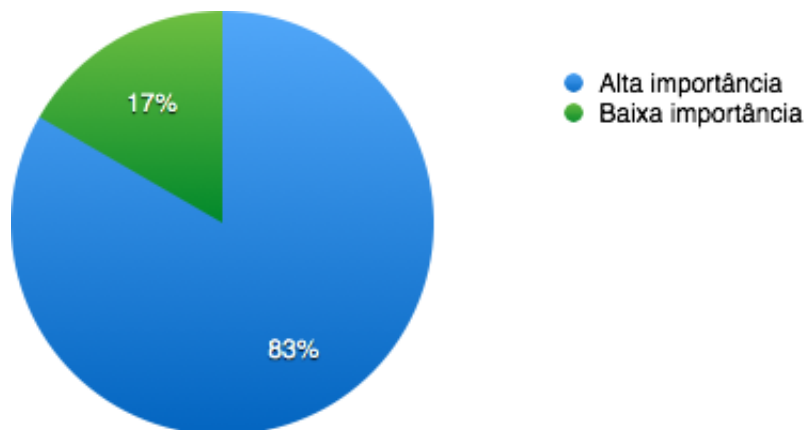


Figura 9 – Distribuição dos desenvolvedores pelo conjunto de 2 classes (Empresa C)

#### 5.1.3.2 Seleção de Características

O resultado da aplicação do algoritmo de seleção de características para o conjunto original de 5 classes e para o conjunto de 2 classes é apresentado na Tabela 24 e na Tabela 25 respectivamente.

No caso de Empresa C, ao analisar as características mais relevantes em ambas as tabelas nota-se uma nítida tendência pelas características pertencentes ao grupos de características técnicas, inclusive, ao comparar os dados dessas tabelas com os das tabelas que representam o resultado da seleção de características para o conjunto de dados de todas as empresas, a diferença mais notável entre as características relevantes é a ausência da característica “Pró-atividade” nos resultados da Empresa C, que aparece como um dos mais relevantes no resultado geral.

Tabela 24 – Ordenação das características da Empresa C (conjunto original de 5 classes)

| Características   | Posição média | Mérito médio   |
|---|---------------|----------------|
| Capacidade de resolução de problemas complexos                          | 1.1 +- 0.3    | 0.643 +- 0.044 |
| Experiência relevante   | 2.2 +- 0.4    | 0.581 +- 0.037 |
| Conhecimento especializado  | 3.3 +- 0.9    | 0.518 +- 0.058 |
| Qual a sua avaliação sobre a produtividade do desenvolvedor em questão? | 3.4 +- 0.66   | 0.504 +- 0.036 |
| Diversidade de habilidades  | 5.2 +- 0.6    | 0.386 +- 0.046 |
| Principal comportamento do desenvolvedor                                | 6.4 +- 0.8    | 0.338 +- 0.048 |
| Comunicação com os colegas  | 8.1 +- 1.45   | 0.301 +- 0.029 |
| Foco nos resultados   | 8.5 +- 2.77   | 0.3 +- 0.08    |
| Empreendedorismo  | 9.6 +- 2.06   | 0.275 +- 0.037 |
| Pró-atividade   | 10.7 +- 2     | 0.267 +- 0.058 |
| Tempo de trabalho (meses)   | 11.2 +- 1.66  | 0.261 +- 0.035 |
| Foco no cliente   | 11.3 +- 1.68  | 0.255 +- 0.045 |
| Criatividade  | 11.9 +- 2.55  | 0.246 +- 0.056 |
| Liderança   | 13.6 +- 2.01  | 0.21 +- 0.055  |
| Organização e planejamento  | 14.2 +- 1.54  | 0.196 +- 0.042 |
| Disposição para ajudar colegas quando solicitado                        | 15.3 +- 0.78  | 0.186 +- 0.044 |

Tabela 25 – Ordenação das características da Empresa C (conjunto de 2 classes)

| <b>Características</b>  | <b>Posição média</b> | <b>Mérito médio</b> |
|---|----------------------|---------------------|
| Conhecimento especializado  | 1 +- 0               | 0.26 +- 0.028       |
| Experiência relevante   | 2.3 +- 0.46          | 0.24 +- 0.026       |
| Qual a sua avaliação sobre a produtividade do desenvolvedor em questão? | 3.1 +- 0.83          | 0.227 +- 0.035      |
| Capacidade de resolução de problemas complexos                          | 4 +- 0.45            | 0.216 +- 0.029      |
| Diversidade de habilidades  | 5.6 +- 0.66          | 0.179 +- 0.027      |
| Disposição para ajudar colegas quando solicitado                        | 6 +- 1.55            | 0.172 +- 0.034      |
| Foco nos resultados   | 7.1 +- 1.51          | 0.16 +- 0.03        |
| Pró-atividade   | 8.1 +- 1.97          | 0.147 +- 0.026      |
| Tempo de trabalho (meses)   | 8.7 +- 1             | 0.133 +- 0.024      |
| Organização e planejamento  | 10 +- 1              | 0.115 +- 0.025      |
| Foco no cliente   | 10.8 +- 1.4          | 0.091 +- 0.028      |
| Criatividade  | 12 +- 1.41           | 0.076 +- 0.015      |
| Comunicação com os colegas  | 13.2 +- 0.75         | 0.064 +- 0.011      |
| Liderança   | 14.4 +- 1.62         | 0.048 +- 0.015      |
| Empreendedorismo  | 14.5 +- 1.02         | 0.048 +- 0.015      |
| Principal comportamento do desenvolvedor                                | 15.2 +- 1.08         | 0.041 +- 0.015      |

### 5.1.3.3 Classificação

A Tabela 26 e a Tabela 27 apresentam os melhores resultados obtidos através da aplicação dos algoritmos J48 e NaïveBayes nos dados da empresa C, respectivamente. Os algoritmos foram aplicados em ambos conjuntos de 5 classes (original) e de 2 classes.

A Tabela 28 e a Tabela 29 mostram a aplicação exaustiva do algoritmo que associa a seleção de características com os algoritmos de classificação, para o J48 e para o NaïveBayes respectivamente.

Observando o teste exaustivo do J48, é possível notar que ele obteve uma melhor performance utilizando apenas 2 características ao realizar a classificação utilizando o primeiro conjunto de classes. Já ao utilizar o conjunto de 2 classes, o classificador obteve a mesma acurácia independentemente do número de características utilizado. Utilizando o segundo conjunto de classes, o J48 teve um aumento de 8% em sua acurácia final.

Diferentemente do J48, o NaïveBayes, ao utilizar o primeiro conjunto de classes obteve melhor performance selecionando um número intermediário de características (7). Já ao utilizar o conjunto de 2 classes, o classificador atingiu sua acurácia máxima utilizando 2 ou 3 características, um número relativamente baixo. Nesse caso, o algoritmo obteve um ganho de performance de quase 15% se comparado com quando utilizou o conjunto original de 5 classes.

Tabela 26 – Aplicação do J48 para os diferentes conjuntos de classe da Empresa C

| Classe                         | Porcentagem de acertos |
|--------------------------------|------------------------|
| Conjunto original de 5 classes | 77%                    |
| Conjunto com 2 classes         | 85%                    |

Tabela 27 – Aplicação do NaïveBayes para os diferentes conjuntos de classe da Empresa C

| Classe                         | Porcentagem de acertos |
|--------------------------------|------------------------|
| Conjunto original de 5 classes | 79.50%                 |
| Conjunto com 2 classes         | 94%                    |

Tabela 28 – Aplicação exaustiva do J48 para a empresa C

| Número de características | % de acertos - conjunto original de 5 classes | % de acertos - conjunto de 2 classes |
|---------------------------|---|--------------------------------------|
| 2                         | 77  | 85                                   |
| 3                         | 74  | 85                                   |
| 4                         | 74  | 85                                   |
| 5                         | 74  | 85                                   |
| 6                         | 74  | 85                                   |
| 7                         | 75  | 85                                   |
| 8                         | 75  | 85                                   |
| 9                         | 75  | 85                                   |
| 10                        | 75  | 85                                   |
| 11                        | 75  | 85                                   |
| 12                        | 75  | 85                                   |
| 13                        | 75  | 85                                   |
| 14                        | 75  | 85                                   |
| 15                        | 75  | 85                                   |
| 16                        | 75  | 85                                   |

Tabela 29 – Aplicação exaustiva do NaïveBayes para a empresa C

| Número de características | % de acertos - conjunto original de 5 classes | % de acertos - conjunto de 2 classes |
|---------------------------|---|--------------------------------------|
| 2                         | 70,5  | 91,5                                 |
| 3                         | 65  | 94                                   |
| 4                         | 70,5  | 94                                   |
| 5                         | 75,5  | 90,5                                 |
| 6                         | 77,5  | 93,5                                 |
| 7                         | 79,5  | 92,5                                 |
| 8                         | 78  | 89,5                                 |
| 9                         | 61,5  | 89,5                                 |
| 10                        | 54,5  | 89,5                                 |
| 11                        | 56  | 89,5                                 |
| 12                        | 54,5  | 89,5                                 |
| 13                        | 55,5  | 93,5                                 |
| 14                        | 51,5  | 93,5                                 |
| 15                        | 54,5  | 91,5                                 |
| 16                        | 56  | 91,5                                 |

---

## Discussão

### 6.1 Considerações Iniciais

O primeiro ponto a ser considerado nessa discussão é a criação do novo conjunto de classes. Como mostrado na Tabela 3 (GQM), baseado no conjunto original de classes, que possui 5 diferentes classes, essas 5 classes foram agrupadas em apenas 2, criando um novo conjunto de classes que provaram melhorar a performance de todos os algoritmos de classificação aplicados, tanto para o conjunto geral de dados, que continha dados de todas as empresas, como para o conjunto gerado pelas três empresas que atingiram o número mínimo para obter uma análise individual. Como é possível observar na Tabela 4 e na Tabela 5, esse novo conjunto de classes não alterou significativamente a importância dos atributos para a classificação, assim, pode-se concluir que essa nova configuração de classes preserva o sentido da classificação original feita pelos supervisores por causa da pequena variação na posição dos atributos na ordenação.

### 6.2 Resultados Gerais (Todas Empresas)

Vale a pena discutir as 3 primeiras características (mais importantes), que aparecem em ambas as ordenações. são elas:

- ❑ Pró-atividade
- ❑ Capacidade de resolução de problemas complexos
- ❑ Avaliação de produtividade do desenvolvedor

Uma delas é a produtividade do desenvolvedor, sob o ponto de vista do supervisor; nesse caso, produtividade representa a quantidade de trabalho entregue. Isso não foi uma surpresa pois, como mencionado na introdução deste trabalho, esse é a métrica clássica para avaliação de performance dos desenvolvedores. Por outro lado, as outras duas características trazem novas informações relevantes à discussão.

Pró-atividade é uma característica comportamental de perfil do desenvolvedor, e ao se avaliar os dados utilizando o novo conjunto de classes, é tida como a característica que mais influencia a avaliação dos supervisores sobre os desenvolvedores.

Capacidade de resolver problemas complexos no entanto nos leva à uma direção oposta apresentada pela métrica clássica (quantidade de entregas), porque geralmente faz com que a produção possua uma menor taxa de *outputs* (LOC ou FP) sobre *inputs* (recursos, tempo) consumido.

Ambas essas características, pró-atividade e capacidade de resolver problemas, são necessárias em times envolvidos na solução de problemas complexos. A área de recursos humanos pode conduzir um melhor processo de contratação sabendo que os supervisores dos times de desenvolvimento de software avaliam essas características como requisitos fundamentais.

Em suma, a métrica clássica de medir a quantidade de entregas continua sendo importante na hora de avaliar a importância dos desenvolvedores, porém, para mitigar os riscos levantados na Seção 1.1, os supervisores devem levar em conta outras características, sejam elas técnicas ou do perfil do desenvolvedor. Um desenvolvedor que possui uma boa capacidade de resolução de problemas complexos, obviamente deve ser alocado para a resolução de tais problemas, e avaliar sua performance pela quantidade de LOC tende a ser um erro, principalmente se for comparar com problemas mais simples. Por outro lado, o supervisor deve estar atento aos desenvolvedores com um perfil mais dinâmico, que buscam tarefas ao invés de esperar, eles podem, com o acompanhamento apropriado, vir a ser os desenvolvedores que irão bater as metas de produção.

O alinhamento da avaliação de importância pelos supervisores, considerando mais que a métrica clássica, e a busca dessas características técnicas e comportamentais no perfil de candidatos, pelas áreas de contratação das empresas são práticas que podem aumentar a performance de um time / empresa como um todo.

Sobre o resultado dos classificadores, cada um deles teve um ganho em sua acurácia em torno de 20% utilizando o novo conjunto de classes. Quando avaliando todas as empresas em conjunto, o que obteve a melhor performance foi o algoritmo NaïveBayes, com uma acurácia de 85.62%, o que pode ser considerado um resultado de sucesso. O algoritmo J48 também obteve uma acurácia significativa, de 80%.

O uso desses classificadores pode ajudar os supervisores a conduzir uma análise mais coerente do perfil do seu time e de cada desenvolvedor, auxiliando na implementação da prática mencionada acima, de considerar mais do que a quantidade de entregas para avaliar a importância / performance dos desenvolvedores, e também na evolução do time, de maneira individual e coletiva, trabalhando sobre cada ponto que ainda precisa ser melhorado.



## 6.3 Resultados Individuais (Por Empresa)

Primeiramente, ao se falar sobre a análise individual aplicada a cada empresa, é importante mencionar a distribuição dos desenvolvedores pelas classes de importância. Ambas as empresas A, B e C, apresentaram uma semelhança em relação à distribuição dos seus desenvolvedores pelas 5 classes originais, que se dá por uma grande concentração de desenvolvedores nas classes mais altas e uma pequena nas classes mais baixas. Esse comportamento reforça a hipótese de que os supervisores ficaram receosos em classificar seus desenvolvedores nas classes mais baixas. Para diminuir esse viés, foi criado esse novo conjunto de 2 classes que agrupa as 3 classes mais baixas em uma nova classe chamada “Baixa importância”, e as duas classes mais altas na classe chamada “Alta importância”.

Ao serem analisadas as características que mais influenciam a avaliação dos supervisores (considerando apenas a ordenação que utilizou o novo conjunto de 2 classes), por cada empresa, é possível notar algumas grandes diferenças, tanto entre as empresas quanto em relação ao conjunto geral de dados (todas as empresas). Para todas as empresas, encontra-se pelo menos uma característica técnica entre as três primeiras características mais importantes. Nas empresas A e B, foram encontradas características comportamentais (Pró-atividade), de habilidade interpessoal (Comunicação com os colegas) e de compromisso em relação à empresa (Foco no resultado) com melhor posicionamento que a métrica clássica de produtividade (Quantidade de entregas).

Já a Empresa C preza mais por características técnicas, visto que dentre as 5 primeiras características estão as 4 características técnicas e a métrica clássica de produtividade. É possível atribuir essas diferenças nos resultados às diferenças na cultura e nos valores de cada empresa, vários estudos já foram feitos sobre como a cultura corporativa pode interferir na produtividade dos desenvolvedores (EDMANS, 2011; JONES, 2000; SCUDDER; KUCIC, 1991; AGRELL; GUSTAFSON, 1994; GUZZO, 1988; MCLEAN; SMITS; TANNER, 1996; TURCOTTE; RENNISON, 2004).

Em relação à classificação, todas as empresas obtiveram um aumento de 10% a 15% na acurácia dos classificadores ao utilizar o novo conjunto de classes de importância. A Empresa A, coincidentemente, obteve uma acurácia de 79.5% para ambos os algoritmos J48 e NaïveBayes. A Empresa B, atingiu uma acurácia também igual entre os classificadores, de 80%. Ambas as acurácias máximas das empresas A e B foram menores que a acurácia máxima atingida para o conjunto de dados de todas as empresas. Este não era o resultado esperado, visto que, ao construir classificadores customizados por empresa, esperava-se uma acurácia maior que a geral pela eliminação de diferentes perspectivas dos diferentes supervisores.

A Empresa C por sua vez foi a que obteve a maior acurácia, utilizando o algoritmo NaïveBayes, de 94%. Esse resultado foi considerado um sucesso, pois supera em quase 10% a acurácia geral, possuindo uma taxa de erro de apenas 6%. Além disso, é importante

notar que foram agrupados avaliações de 2 supervisores, diferentemente das empresas A e B onde um único supervisor foi responsável pela avaliação. Atribui-se esse alta taxa de acertos à uma cultura bem estabelecida da empresa e a critérios claros de avaliação de importância pelos supervisores da Empresa C.

## 6.4 Ameaças À Validade

Por fim, é importante apontar algumas ameaças à validade deste estudo. O número limitado de desenvolvedores e empresas participantes nesse estudo, e o fato de todas estarem estabelecidas na mesma cidade podem limitar a generalização dos resultados para outros contextos. A variabilidade na cultura das empresas participantes e nos critérios que cada supervisor usa para avaliar seus desenvolvedores também podem impactar o resultado geral. Apesar disso, é possível observar várias intersecções no resultado de diferentes empresas, e das empresas com o resultado geral, o que pode mitigar parte desse risco. A classificação inicial de importância proporcionada pelos supervisores tendem a serem mais positivas, talvez porque eles não gostariam de dizer que mantêm desenvolvedores com baixa importância em seus times. Logo, os rótulos das classes de importância (“Muito pouco importante”, “Pouco importante”, etc) também se apresentam como ameaças, porém a nova classificação proposta mitiga parte desse risco.

A possível ausência de fatores para a avaliação dos supervisores também é uma ameaça, porém o levantamento de fatores baseou-se em vários estudos, que também buscavam os fatores de maior relevância na avaliação de desenvolvedores Tabela 2, e também houve uma preocupação em selecionar características distintas, não apenas técnicas ou comportamentais, diminuindo esse risco.

---

## Conclusões

Foi identificada, como mostrado na Seção 1.1 uma situação-problema nas empresas atualmente, que é a forma como acontecem as avaliações dos desenvolvedores por parte dos supervisores. Esse problema leva as empresas a terem problemas maiores, de retenção e motivação dos funcionários. Este estudo se propôs então a ajudar as empresas e fornecer uma ferramenta que auxilia a empresa a enfrentar com mais eficácia esses problemas.

O estudo se baseou em duas principais perguntas. A primeira questionava quais seriam os critérios mais importantes utilizados pelos supervisores ao realizarem sua avaliação sobre os desenvolvedores. Para responder tal pergunta, primeiramente, foi preciso levantar uma série de critérios e optar por aqueles que aparentassem estar mais ligados à realidade das empresas de hoje. Esse levantamento foi realizado utilizando a abordagem GQM e como resultado foram obtidas 16 métricas, divididas em 4 diferentes grupos, como mostrado na Seção 2.1. Uma vez com as métricas levantadas, foram utilizados algoritmos de seleção de características que ordenaram as 16 métricas por ordem de influência na classe. Foi possível observar intersecções nas métricas mais relevantes da ordenação geral (todas as empresas) com as ordenações individuais das três empresas analisadas, dando mais relevância ao resultado final.

A segunda pergunta questionava se seria possível atingir um classificador de alta acurácia, utilizando os critérios propostos, tanto para o conjunto que reuniam os dados de todas as empresas, quanto para cada empresa que atingisse o mínimo de dados necessários para uma análise individual. Como mostrado no Capítulo 4 e no Capítulo 5, essa pergunta também é considerada como respondida com êxito, visto que foi obtido um classificador com acurácia maior que 85% para o conjunto de dados de todas as empresas, e para as 3 empresas que se qualificaram para uma análise individual, os melhores classificadores obtiveram uma acurácia de cerca de 80%, sendo que uma empresa obteve um classificador com uma acurácia de 94%.

Nesse estudo foi proporcionado então um conjunto de critérios utilizados pelos supervisores de empresas de T.I, para avaliar seus desenvolvedores, ordenados pela taxa de influência na classificação da importância. Além disso, foi criado um classificador de alta

acurácia, que ajuda a identificar, dentre esses critérios ordenados, quantos são necessários para se obter uma maior acurácia, identificando assim os critérios que possuem maior influência sobre a classificação de importância. Considerando apenas o conjunto de duas classes, e utilizando os dados de todas as empresas, a quantidade de critérios necessários para se atingir a maior acurácia foram 6, são eles:

- ❑ Pró-atividade
- ❑ Avaliação de produtividade do desenvolvedor
- ❑ Capacidade de resolução de problemas complexos
- ❑ Foco nos resultados
- ❑ Experiência relevante
- ❑ Criatividade

Levar em consideração essas características no momento da contratação e no acompanhamento individual dos desenvolvedores pode ajudar a formar times de grande importância dentro das organizações, e aplicar o classificador no time existente regularmente, utilizando avaliações atualizadas desses critérios mais relevantes, pode auxiliar o supervisor a realizar uma avaliação muito mais concreta da importância de seus desenvolvedores.

Existe uma taxa de erro inerente ao classificador (no caso da avaliação geral, é de cerca de 15%), logo, não é recomendável utilizar apenas o classificador sozinho. Ele serve como um instrumento para agregar valor no momento da avaliação do supervisor, aliado com uma avaliação qualitativa do desenvolvedor seguindo as características recomendadas nesse mesmo estudo.

Foram obtidos bons resultados com esse estudo sobre a avaliação da importância dos desenvolvedores sob a ótica do supervisor. Porém, entende-se que muito mais pode ser realizado, pois este é um problema significativo e a pesquisa também possui diversas áreas ainda a serem exploradas. Segue uma lista de algumas das possibilidades que para trabalhos futuros:

1. Expandir a aplicação da pesquisa, aplicando em mais empresas situadas em diferentes regiões do país e até do mundo, bem como expandir as características utilizadas;
2. Realizar uma análise qualitativa, em cima dos dados de cada empresa, considerando como a cultura e os valores da empresa influenciam na avaliação de cada critério;
3. Aplicar esse classificador em colaboradores de repositórios de software *open-source*. Vasilescu et al. (VASILESCU; FILKOV; SEREBRENIK, 2013) realizou um estudo buscando encontrar relação entre a busca de conhecimento em sites de perguntas e respostas e a produtividade do desenvolvedor, porém utilizou a métrica clássica

de produtividade, nesse caso, número de *commits*. Utilizar as métricas levantadas neste estudo como base para validar os resultados ou mesmo detectar e avaliar as diferenças, pode ser uma sugestão de trabalho futuro para ambos os estudos.

Por se tratar de um problema importante para todas as empresas atualmente, entende-se que, além das possibilidades propostas, existem várias outras possibilidades de trabalhos futuros que poderiam usar este estudo como base.



---

## Referências

- ABDEL-HAMID, T.; MADNICK, S. E. **Software Project Dynamics: An Integrated Approach**. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice-Hall, Inc., 1991. ISBN 0-13-822040-9.
- AGRELL, A.; GUSTAFSON, R. The Team Climate Inventory (TCI) and group innovation: A psychometric test on a Swedish sample of work groups. **Journal of Occupational and Organizational Psychology**, v. 67, p. 143–151, 1994.
- ALPER, S.; TJOSVOLD, D.; LAW, K. S. Conflict Management, Efficacy, and Performance in Organizational Teams. **Personnel Psychology**, v. 53, p. 625–642, 2000. ISSN 0031-5826. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1744-6570.2000.tb00216.x>>.
- BANKER, R. D.; DATAR, S. M.; KEMERER, C. F. Factors affecting software maintenance productivity: An exploratory study. In: **Proceedings of the International Conference on Information Systems**. Pittsburgh, PA: [s.n.], 1987. p. 160–175.
- \_\_\_\_\_. **A Model to Evaluate Variables Impacting the Productivity of Software Maintenance Projects**. 1991. 1–18 p.
- BASILI, V. R.; CALDIERA, G.; ROMBACH, H. D. The goal question metric approach. **Encyclopedia of Software Engineering**, Wiley, v. 2, p. 528–532, 1994. Disponível em: <<http://maisqual.squaring.com/wiki/index.php/TheGoalQuestionMetricApproach>>.
- BOEHM, B. W. Software Engineering Economics. **IEEE Transactions on Software Engineering**, SE-10, 1984. ISSN 0098-5589.
- \_\_\_\_\_. Improving Software Productivity. **Computer**, IEEE Computer Society, Los Alamitos, CA, USA, v. 20, n. 9, p. 43–57, 1987. ISSN 0018-9162.
- BOEHM, B. W. et al. **Software Cost Estimation with Cocomo II with Cdrom**. 1st. ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall PTR, 2000. ISBN 0130266922.
- \_\_\_\_\_. The TRW Software Productivity System. In: **Proceedings of the 6th International Conference on Software Engineering**. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society Press, 1982. (ICSE '82), p. 148–156. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=800254.807757>>.

- BOEHM, B. W.; PAPACCIO, P. N. Understanding and controlling software costs. **Software Engineering, IEEE Transactions on**, v. 14, n. 10, p. 1462–1477, 1988. ISSN 0098-5589.
- BOYATZIS, R. E. **The competent manager : a model for effective performance**. [S.l.]: New York: Wiley, 1982.
- \_\_\_\_\_. Competencies in the 21st century. **Journal of Management Development**, v. 27, n. 1, p. 5–12, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/02621710810840730>>.
- BRIAND, L.; EMAM, K. E.; BOMARIUS, F. COBRA: a hybrid method for software cost estimation, benchmarking, and risk assessment. **Proceedings of the 20th International Conference on Software Engineering**, 1998. ISSN 0270-5257.
- BROOKS F.P., J. No silver bullet-essence and accidents of software engineering. **IEEE computer**, v. 20, n. 4, p. 10–19, 1987.
- BROOKS, W. Software Technology Payoff: Some Statistical Evidence. **J. Syst. Softw.**, Elsevier Science Inc., New York, NY, USA, v. 2, n. 1, p. 3–9, 1981. ISSN 0164-1212. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/0164-1212\(81\)90041-8](http://dx.doi.org/10.1016/0164-1212(81)90041-8)>.
- CALOW, H. Maintenance productivity factors-a case study. In: **Software Maintenance, 1991., Proceedings. Conference on**. [S.l.: s.n.], 1991. p. 250–253.
- CHATZOGLU, P. D.; MACAULAY, L. A. **The importance of human factors in planning the requirements capture stage of a project**. 1997. 39–53 p.
- CLINCY, V. A. Software Development Productivity and Cycle Time Reduction. **J. Comput. Sci. Coll.**, Consortium for Computing Sciences in Colleges, USA, v. 19, n. 2, p. 278–287, 2003. ISSN 1937-4771. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=948785.948824>>.
- COLE, A. Runaway Projects - Cause and Effects. **Software World (UK)**, v. 26, n. 3, 1995.
- CORAM, M.; BOHNER, S. The impact of agile methods on software project management. In: **Engineering of Computer-Based Systems, 2005. ECBS '05. 12th IEEE International Conference and Workshops on the**. [S.l.: s.n.], 2005. p. 363–370.
- de Barros Sampaio, S. C. et al. A Review of Productivity Factors and Strategies on Software Development. In: **Software Engineering Advances (ICSEA), 2010 Fifth International Conference on**. [S.l.: s.n.], 2010. p. 196–204.
- DEMARCO, T.; TIMOTHY, L. **peopleware - productive projects and teams**. [S.l.: s.n.], 1987.
- DUTRA, J. S. **Competências: Conceitos e Instrumentos para a Gestão de Pessoas na Empresa Moderna**. 1<sup>a</sup>. ed. [S.l.: s.n.], 2004.
- EDMANS, A. Does the stock market fully value intangibles? Employee satisfaction and equity prices. **Journal of Financial Economics**, v. 101, p. 621–640, 2011. ISSN 0304405X.



- Faria Sueli, O. V. F. d. F. L. . D. F. Competências do profissional da informação: uma reflexão a partir da Classificação Brasileira de Ocupações. **Ciência da Informação**, scielo, v. 34, p. 26–33, 2005. ISSN 0100-1965. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-19652005000200003&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-19652005000200003&nrm=iso)>.
- FINNIE, G. R.; WITTIG, G. E.; PETKOV, D. I. **Prioritizing software development productivity factors using the analytic hierarchy process**. 1993. 129–139 p.
- FLEURY, M. T. L.; FLEURY, A. **Construindo o conceito de competência**. 2001. 183–196 p.
- GUZZO, R. A. Productivity research: Reviewing psychological and economic perspectives. In: . [S.l.]: Jossey-Bass Publishers, 1988. p. 63–81.
- HANSON, S. J.; ROSINSKI, R. R. Programmer Perceptions of Productivity and Programming Tools. **Commun. ACM**, ACM, New York, NY, USA, v. 28, n. 2, p. 180–189, 1985. ISSN 0001-0782. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/2786.2791>>.
- HANTOS, P.; GISBERT, M. Identifying software productivity improvement approaches and risks: Construction industry case study. **IEEE Software**, v. 17, p. 48–56, 2000. ISSN 07407459.
- HOLMES, G.; DONKIN, A.; WITTEN, I. H. Weka: A machine learning workbench. In: IEEE. **Intelligent Information Systems, 1994. Proceedings of the 1994 Second Australian and New Zealand Conference on**. [S.l.], 1994. p. 357–361.
- JONES, C. **Programming Productivity: Steps Toward a Science**. McGraw-Hill Series in Software Engineering and Technology. [S.l.]: McGraw-Hill, 1986.
- \_\_\_\_\_. **Applied software measurement: assuring productivity and quality**. [s.n.], 1997. ISBN 0070328137. Disponível em: <[http://books.google.ch/books/about/Applied/\\_software/\\_measurement.html?id=U9JQAAAAMAAJ&redir\\_esc=y](http://books.google.ch/books/about/Applied/_software/_measurement.html?id=U9JQAAAAMAAJ&redir_esc=y)>.
- \_\_\_\_\_. **Software Assessments, Benchmarks, and Best Practices**. Boston, MA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 2000. ISBN 0-201-48542-7.
- KIRA, K.; RENDELL, L. A. The Feature Selection Problem: Traditional Methods and a New Algorithm. In: **Proceedings of the Tenth National Conference on Artificial Intelligence**. AAAI Press, 1992. (AAAI'92), p. 129–134. ISBN 0-262-51063-4. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1867135.1867155>>.
- KOHAVI, R.; JOHN, G. H. Wrappers for feature subset selection. **Artificial Intelligence**, v. 97, n. 1-2, p. 273–324, dez. 1997. ISSN 00043702. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000437029700043X>>.
- KOHAVI, R. et al. A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection. In: **Ijcai**. [S.l.: s.n.], 1995. v. 14, n. 2, p. 1137–1145.
- LAKHANPAL, B. **Understanding the factors influencing the performance of software development groups: An exploratory group-level analysis**. 1993. 468–473 p.

- LALSING, V.; KISHNAH, S.; PUDARUTH, S. People Factors in Agile Software Development and Project Management. **International Journal of Software Engineering & Applications**, v. 3, p. 117–138, 2012. Disponível em: <<http://airccse.org/journal/ijsea/papers/3112ijsea09.pdf>>.
- LANGLEY, P.; IBA, W.; THOMPSON, K. An analysis of bayesian classifiers. In: **IN PROCEEDINGS OF THE TENTH NATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE**. [S.l.]: MIT Press, 1992. p. 223–228.
- LOKAN, C. J. Impact of Subjective Factors on Software Productivity. In: **Proceedings of 7th Australian Conference on Software Metrics**. Melbourne: [s.n.], 2001.
- MAXWELL, K. D.; FORSELIUS, P. Benchmarking software development productivity. **Software, IEEE**, v. 17, p. 80–88, 2000. ISSN 0740-7459.
- MCLEAN, E. R.; SMITS, S. J.; TANNER, J. R. The importance of salary on job and career attitudes of information systems professionals. **Information and Management**, v. 30, p. 291–299, 1996. ISSN 03787206.
- MELO, C. et al. Agile Team Perceptions of Productivity Factors. In: **Agile Conference (AGILE)**, 2011. [S.l.: s.n.], 2011. p. 57–66.
- QUINLAN, J. R. **C4.5: Programs for Machine Learning**. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1993. ISBN 1-55860-238-0.
- RASCH, R. H. An Investigation of Factors That Impact Behavioral Outcomes of Software Engineers. In: **Proceedings of the 1991 Conference on SIGCPR**. New York, NY, USA: ACM, 1991. (SIGCPR '91), p. 38–53. ISBN 0-89791-389-2. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/111084.111090>>.
- SCACCHI, W.; HURLEY, D. Understanding software productivity. In: **Software Engineering and Knowledge Engineering: Trends for the Next Decade**. [s.n.], 1995. v. 4, p. 273–316. Disponível em: <[http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=bDlZa4KvFGgC&oi=fnd&pg=PA273&dq=Understanding+software+productivity&ots=TFYqI5HTtY&sig=QBz5suT4\\\_1Fwjkp-NwO0ZMeGEIY](http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=bDlZa4KvFGgC&oi=fnd&pg=PA273&dq=Understanding+software+productivity&ots=TFYqI5HTtY&sig=QBz5suT4\_1Fwjkp-NwO0ZMeGEIY)>.
- SCHWABER, K. **Agile Project Management With Scrum**. Redmond, WA, USA: Microsoft Press, 2004. ISBN 073561993X.
- SCUDDER, R. A.; KUCIC, A. R. Productivity Measures for Information Systems. **Inf. Manage.**, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, The Netherlands, The Netherlands, v. 20, n. 5, p. 343–354, 1991. ISSN 0378-7206. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/0378-7206\(91\)90033-X](http://dx.doi.org/10.1016/0378-7206(91)90033-X)>.
- SHARP, H. et al. Models of Motivation in Software Engineering. **Inf. Softw. Technol.**, Butterworth-Heinemann, Newton, MA, USA, v. 51, n. 1, p. 219–233, 2009. ISSN 0950-5849. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.infsof.2008.05.009>>.
- SHARPE, J. L.; CANGUSSU, J. W. A productivity metric based on statistical pattern recognition. In: **Computer Software and Applications Conference, 2005. COMPSAC 2005. 29th Annual International**. [S.l.: s.n.], 2005. v. 1, p. 59–64 Vol. 2. ISSN 0730-3157.

- SHIRAZI, A.; MORTAZAVI, S. Effective management performance a competency-based perspective. **International Review of Business Research Papers**, v. 5, n. 1, p. 1–10, January 2009. ISSN 1832-9543.
- SYMONS, C. Software Industry Performance: What You Measure Is What You Get. **Software, IEEE**, v. 27, n. 6, p. 66–72, 2010. ISSN 0740-7459.
- TURCOTTE, J.; RENNISON, L. W. The Link between Technology Use, Human Capital, Productivity and Wages: Firm-level Evidence. **International Productivity Monitor**, v. 9, p. 25–36, 2004. Disponível em: <<http://ideas.repec.org/a/sls/ipmsls/v9y20043.html>>.
- VASILESCU, B.; FILKOV, V.; SEREBRENIK, A. StackOverflow and GitHub: associations between software development and crowdsourced knowledge. In: **Proceedings of the 2013 ASE/IEEE International Conference on Social Computing. IEEE**. [S.l.: s.n.], 2013. p. 188–195.
- VOSBURGH, J. et al. Productivity factors and programming environments. In: **ICSE '84 Proceedings of the 7th International Conference on Software Engineering**. [s.n.], 1984. p. 143–152. ISBN 0-8186-0528-6. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=800054.801963>>.
- WAGNER, S.; RUHE, M. **A Structured Review of Productivity Factors in Software Development Technical**. [S.l.], 2008.
- WALLACE, L.; KEIL, M.; RAI, A. Understanding Software Project Risk: A Cluster Analysis. **Inf. Manage.**, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, The Netherlands, The Netherlands, v. 42, n. 1, p. 115–125, 2004. ISSN 0378-7206. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.im.2003.12.007>>.
- WALSTON, C. E.; FELIX, C. P. **A method of programming measurement and estimation**. 1977. 54–73 p.
- WOHLIN, C.; AHLGREN, M. Soft factors and their impact on time to market. **Software Quality Journal**, v. 4, p. 189–205, 1995. ISSN 09639314.
- WOHLIN, C.; ANDREWS, A. A. Assessing Project Success Using Subjective Evaluation Factors. **Software Quality Journal**, v. 9, p. 43–70, 2001. ISSN 09639314.
- YU, W. D.; SMITH, D. P.; HUANG, S. T. Software productivity measurements. In: **Computer Software and Applications Conference, 1991. COMPSAC '91., Proceedings of the Fifteenth Annual International**. [S.l.: s.n.], 1991. p. 558–564.