

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E ECONÔMICAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO PÚBLICA**  
**MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO PÚBLICA**

**LUCIANA DE FRANÇA PESTANA**

**APLICAÇÃO DO *PROCESS MINING* NA AUDITORIA DE  
PROCESSOS GOVERNAMENTAIS**

VITÓRIA

2017

LUCIANA DE FRANÇA PESTANA

**APLICAÇÃO DO *PROCESS MINING* NA AUDITORIA DE  
PROCESSOS GOVERNAMENTAIS**

Projeto de Dissertação apresentado ao Mestrado Profissional em Gestão Pública do Programa de Pós-Graduação em Gestão Pública da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão Pública.

Orientador: Prof. Dr. Lourenço Costa

VITÓRIA

2017

**LUCIANA DE FRANÇA PESTANA**

**APLICAÇÃO DO *PROCESS MINING* NA AUDITORIA DE  
PROCESSOS GOVERNAMENTAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão Pública do Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Gestão Pública.

Aprovada em 06 de dezembro de 2017.

**COMISSÃO EXAMINADORA**



---

**Prof. Dr. Lourenço Costa**  
Instituto Federal do Espírito Santo  
Orientador



---

**Prof. Dr. Roquemar de Lima Baldam**  
Instituto Federal do Espírito Santo



---

**Prof. Dr. Elton Siqueira Moura**  
Instituto Federal do Espírito Santo

Modelo de ficha catalográfica fornecido pelo Sistema Integrado de Bibliotecas da Ufes para ser confeccionada pelo autor

---

P476a Pestana, Luciana de França, 1981-  
Aplicação do process mining na auditoria de processos governamentais / Luciana de França Pestana. - 2017.  
83 f. : il.

Orientador: Lourenço Costa.

Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Pública) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas.

1. Processos. 2. Auditoria. 3. Process Mining. 4. Business Process Management. I. Costa, Lourenço. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas. III. Título.

CDU: 35

---

## RESUMO

A auditoria de processos de negócios é um tema de relevância crescente na literatura. No entanto, técnicas tradicionais e manuais demonstram-se insatisfatórias ou insuficientes, visto que as mesmas são custosas, podem ser tendenciosas e passíveis de erros, além de envolverem grande quantidade de recursos temporais, humanos e materiais. Nesse sentido, o presente estudo vem demonstrar como a técnica de *process mining* pode ser utilizada, de forma automática, na auditoria de processos governamentais, a partir de um sistema de informação e de uma ferramenta de *mining* denominada *ProM*. A partir de técnicas de verificação de conformidade, realizou-se a comparação entre os processos reais e seus respectivos modelos oficiais de uma organização governamental. Os resultados obtidos demonstram algumas divergências entre eles, e indicam que a técnica pode ser utilizada como um meio auxiliar na realização de auditoria de processos de negócios.

**Palavras-chave:** Processos, Auditoria, *Process Mining*, *Business Process Management*.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema geral da pesquisa.....	15
Figura 2 – Esquema geral de funcionamento de processos nas organizações .....	17
Figura 3 – Ciclo de BPM unificado .....	21
Figura 4 – Visão geral de um ambiente de mineração de processos.....	25
Figura 5 – Descoberta de modelos utilizando técnicas de mineração de processo. .	28
Figura 6 – Técnicas básicas de mineração de processos .....	29
Figura 7 – Visão geral da revisão sistemática de literatura. ....	31
Figura 8 – Benefícios identificados nos estudos primários.....	35
Figura 9 – Estrutura do framework do <i>ProM</i> .....	43
Figura 10 – Procedimento de descoberta do processo. ....	44
Figura 11 – Distribuição geográfica das unidades pertencentes à SESA .....	49
Figura 12 – Conceitos de agregação, abstração, ênfase e personalização .....	53
Figura 13 – Processo real obtido a partir do algoritmo <i>Fuzzy Miner</i> .....	56
Figura 14 – Tela de resultado do algoritmo <i>Fuzzy Miner</i> .....	58
Figura 15 – Influência da alteração do limite de significância no grau de agregação dos eventos do processo .....	59
Figura 16 – Escala demonstrativa do grau de significância das atividades.....	60
Figura 17 – Aglomeração de atividades em <i>cluster</i> .....	61
Figura 18 – Escala de significância com atividades removidas do modelo .....	62
Figura 19 – Processo oficial de AEP da SESA.....	64
Figura 20 – Processo real obtido a partir do algoritmo <i>Fuzzy Miner</i> . ....	69
Figura 21 – Escala demonstrativa do grau de significância das atividades do processo de CDT...	70
Figura 22 – Processo oficial de CDT da SESA .....	72

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais conceitos adotados no projeto de pesquisa .....	23
Quadro 2 – Exemplo de informações registradas em um <i>log</i> de eventos .....	26
Quadro 3 – Palavras-chave e termos utilizados na busca da revisão de literatura ...	32
Quadro 4 – Critérios de inclusão e exclusão dos estudos primários da revisão de literatura .....	33
Quadro 5 – Atributos e sub-atributos para avaliação da qualidade dos artigos identificados na revisão de literatura .....	34
Quadro 6 – Média aritmética e média geral da pontuação dos atributos dos artigos	34

## LISTA DE SIGLAS

BPM: *Business Process Management*

BPMN: *Business Process Model and Notation*

SESA: Secretaria de Estado da Saúde



# SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>6</b>
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	<b>7</b>
<b>LISTA DE SIGLAS</b> .....	<b>8</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA .....	11
1.2. PERGUNTA DE PESQUISA .....	13
1.3. OBJETIVOS .....	13
1.3.1. <i>Objetivo geral</i> .....	13
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	13
1.4. ESTRUTURA GERAL DA PESQUISA.....	13
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>16</b>
2.1. GERENCIAMENTO DE PROCESSOS DE NEGÓCIOS .....	16
2.1.1. <i>Definições</i> .....	16
2.1.2. <i>Ciclo de BPM e o Process Mining</i> .....	18
2.2. MINERAÇÃO DE PROCESSOS OU PROCESS MINING .....	22
2.2.1. <i>Definições</i> .....	22
2.2.2. <i>Técnicas de Mineração de Processos</i> .....	27
2.3. AUDITORIA INTERNA.....	30
2.3.1. <i>Definições</i> .....	30
2.3.2. <i>A auditoria interna e o process mining</i> .....	30
2.4. PRINCIPAIS FERRAMENTAS DE PROCESS MINING .....	40
2.5. BUSINESS PROCESS MODEL AND NOTATION (BPMN) .....	44
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>46</b>
3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA .....	46

3.2.	CONDUÇÃO DA PESQUISA .....	47
3.3.	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA .....	48
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>51</b>
4.1.	UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA DE PROCESS MINING .....	51
4.2.	PROCESSO DE AVALIAÇÃO DE ESTÁGIO PROBATÓRIO – AEP .....	54
4.3.	COMPARAÇÃO ENTRE O PROCESSO DE AEP REAL E O OFICIAL DA INSTITUIÇÃO .....	63
4.4.	PROCESSO DE CONTRATAÇÃO POR DESIGNAÇÃO TEMPORÁRIA – CDT .....	68
4.5.	COMPARAÇÃO ENTRE O PROCESSO DE CDT REAL E O OFICIAL DA INSTITUIÇÃO .....	71
<b>5.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>75</b>
5.1.	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	77
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>78</b>

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Contextualização e Justificativa

A auditoria de processos de negócios é um tema que vem ganhando crescente relevância na literatura. A mesma é de grande valia, pois objetiva a verificação do cumprimento de regras estabelecidas, além de ser uma oportunidade para a identificação de áreas com potencial de melhoria das atividades organizacionais, operacionais ou não (BIRKMIRE; LAY; MCMAHON, 2007; BALDAM; VALLE; ROZENFELD, 2014).

A técnica geralmente é realizada por amostragem, tendo em vista a impossibilidade de análise da grande quantidade de processos de uma organização, frente à disponibilidade limitada de auditores. Além disso, a auditoria é geralmente realizada a partir da vontade dos auditados, ou seja, os auditados precisam apresentar os dados e documentos para que a auditoria seja realizada (JANS, 2013).

A auditoria em uma organização pode ser realizada através de entrevistas, análise de documentos, observação, amostragem do trabalho, dentre outros. Esses mecanismos, que são considerados como tradicionais, são custosos, implicando no dispêndio de grande quantidade de recursos humanos, financeiros e temporais. Métodos tradicionais são também fortemente constituídos por entrevistas com as partes envolvidas no processo. Cada indivíduo, porém, pode ter uma abordagem tendenciosa, que destoa da realidade. Além disso, considerando-se que as técnicas tradicionais de auditoria envolvem dados fornecidos pelo auditado, pode haver manipulação de informações, gerando resultados de auditoria que podem não corresponder à realidade efetiva. As abordagens anteriormente referenciadas são manuais e não envolvem uma análise rigorosa de dados previamente existentes, podendo ser propensas a erros e comportamentos tendenciosos.

A mineração de processos tem por objetivo trazer soluções aos problemas observados na análise de um processo, através da engenharia reversa de dados reais de sua execução, extraídos a partir de sistemas de informação (VAN DER AALST *et al.*, 2003-a). Ela permite extrair conhecimento a partir de registros de

eventos (*logs*), frequentemente disponíveis nos sistemas de informação atualmente existentes. Estas técnicas oferecem novos meios para descobrir, monitorar e melhorar processos num vasto domínio de aplicações (VAN DER AALST *et al.*, 2012). Informações como atividades do processo, recursos humanos envolvidos na execução das atividades, período em que as atividades foram realizadas e eventos que desencadearam uma atividade, são alguns exemplos de informações que podem ser extraídas por meio da técnica. A idéia básica da mineração de processos é diagnosticar o conhecimento do processo de negócio por meio dos *logs* de eventos (VAN DER AALST *et al.*, 2004-a).

Os mecanismos de mineração possibilitam, a partir da técnica de verificação de conformidade, analisar se os processos executados estão em conformidade ou não com os processos oficiais da instituição.

A mineração de processos pode trazer agregação de valores aos procedimentos de verificação de conformidade ou de auditoria, como: permitir a verificação de conformidade de todas as instâncias dos processos de negócios da organização, não se restringindo apenas a uma amostra delas; permitir a análise dos processos, independentemente da vontade dos auditados e dos dados fornecidos pelos mesmos; permitir a verificação de como os processos são executados na prática e a observação das relações sociais entre os indivíduos (JANS, 2013).

A mineração de processos diminui, ainda, o custo das atividades de auditoria, permitindo a verificação mais rápida e de forma automática da conformidade dos processos executados, com os oficiais da instituição, prática essa que pode ser refinada, posteriormente, através de técnicas tradicionais.

O presente estudo concentra-se em aplicar a técnica de mineração de processos, com o intuito de realizar, de forma automática, auditoria em processos governamentais em uma organização pública.

## 1.2. Pergunta de Pesquisa

Como as técnicas de *process mining* podem trazer resultados de auditoria em processos governamentais?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo geral

Aplicar técnicas de mineração de processos para auditoria em processos governamentais.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar técnicas comuns de *process mining* e os benefícios de sua utilização;
- Selecionar uma ferramenta de identificação de processos de negócios;
- Extrair exemplos de *logs* de processos de uma base de dados informacional;
- Comparar os resultados dos processos reais, obtidos através do *process mining*, com os processos oficiais da organização.

## 1.4. Estrutura Geral da Pesquisa

O trabalho está estruturado em 5 capítulos. O primeiro trata-se desta introdução, que contempla uma perspectiva inicial e os elementos de pesquisa: problema, objetivos e justificativa.

Em seguida, o Capítulo 2 trata do referencial teórico da pesquisa, contendo elementos conceituais sobre a Gerenciamento de Processos de Negócio, Mineração de Processos (*Process Mining*), Auditoria, além de uma breve apresentação das principais ferramentas de *Process Mining*, com destaque no *ProM* e da notação de

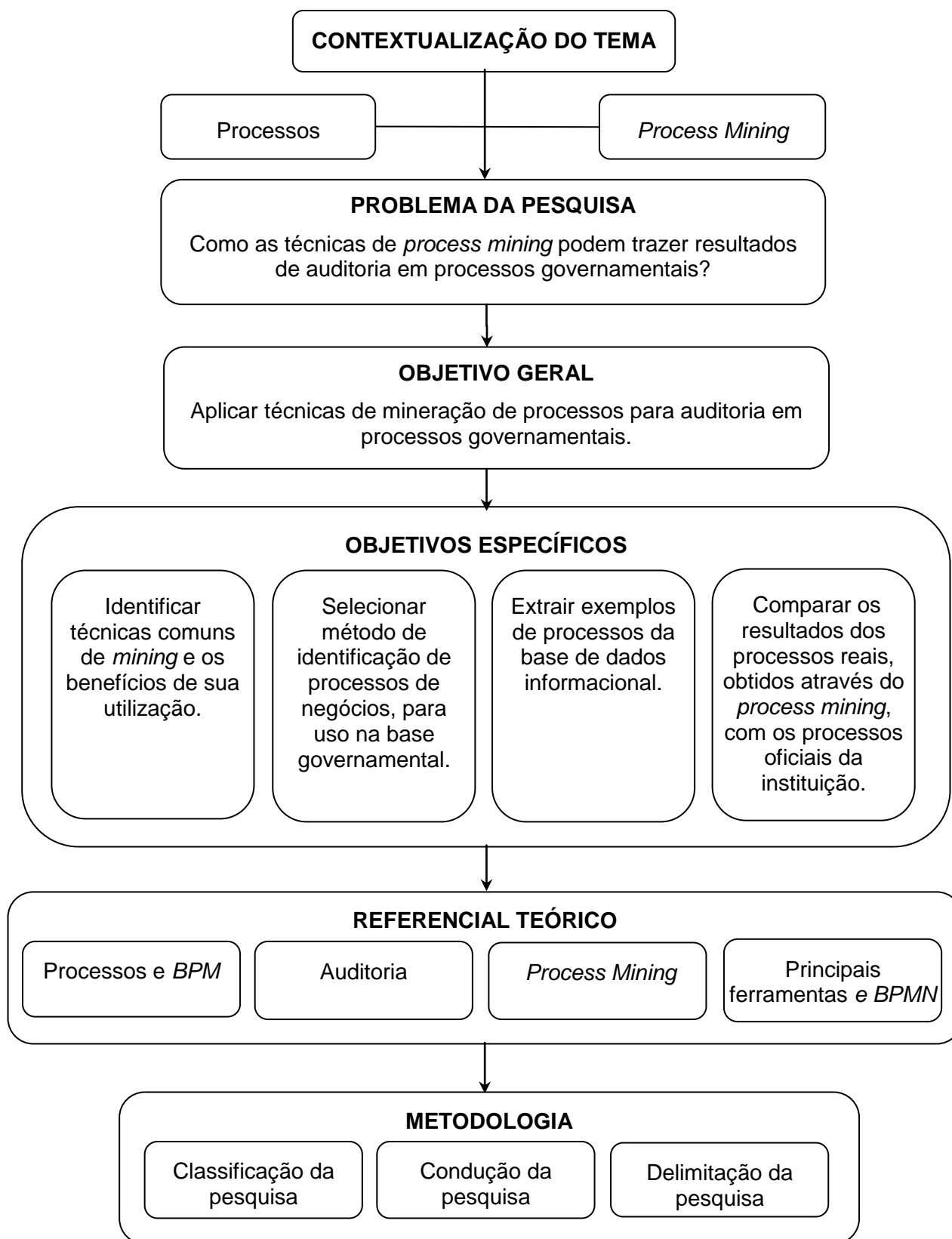
modelagem de processos de negócio BPMN (*Business Process Model and Notation*).

No Capítulo 3 é apresentada a metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho, contendo a classificação da pesquisa, como foi feita a coleta dos dados e a forma como os dados foram analisados.

O Capítulo 4 apresenta os resultados encontrados e as discussões pertinentes. Por fim, no Capítulo 5 são feitas as considerações finais e as sugestões para trabalhos futuros.

A Figura 1, a seguir, apresenta uma visão geral da estrutura desta pesquisa.

Figura 1 – Esquema geral da pesquisa.



Fonte: Elaborado pela autora.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Gerenciamento de Processos de Negócios

#### 2.1.1. Definições

O meio através do qual as organizações fornecem produtos (bens e serviços) a seus clientes passa invariavelmente por projetos, operações e processos. Quando entregue de maneira repetitiva, prevalecem os processos. Logo, todas as empresas têm processos (SMART, MADDERN e MAULL, 2009). Considerando-se que os mesmos são premissas fundamentais para a eficiência das instituições, torna-se necessário definir seus significados. Weske (2007) define processo como:

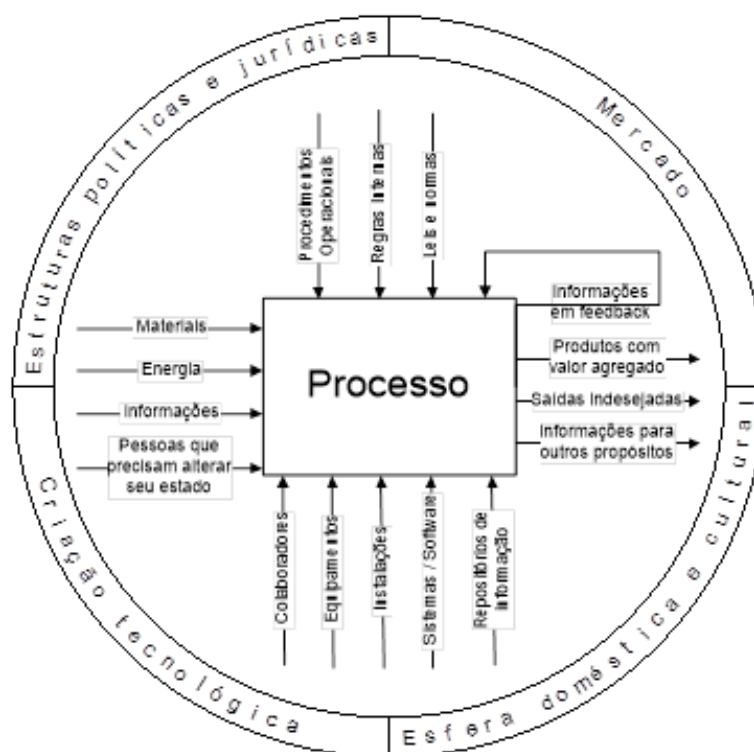
[...] “um conjunto de atividades que são executadas coordenadamente em um ambiente técnico e organizacional. Essas atividades realizam conjuntamente um objetivo do negócio. Cada processo de negócio é executado por uma única organização, mas podendo interagir com processos de outras organizações.”

De acordo com Baldam *et al.* (2014), qualquer processo possui como objetivo a transformação de insumos em produtos com valor agregado, a serem disponibilizados para clientes internos ou externos à organização. Pode ocorrer a adição de valor público, como empregos, impostos, benefícios à vizinhança, que não estejam explicitados.

A Figura 2 mostra os aspectos que estão diretamente envolvidos num processo em particular, de acordo com Baldam *et al.* (2014). Demonstra também as influências externas decorrentes do contexto organizacional, que podem modificar o modo de funcionamento do processo e até os produtos por ele produzidos.



Figura 2 – Esquema geral de funcionamento de processos nas organizações.



Fonte: Baldam *et al.* (2014).

Após conceituar processos, torna-se válido evidenciar a importância de uma organização entender seus processos. Skrinjar *et. al* (2013) relatam que a correta leitura dos processos pelas partes envolvidas nas organizações é um aspecto decisivo para que a gestão de processos seja bem sucedida. Dessa forma, é necessário que a organização conheça os seus processos para que depois possa gerenciá-los (DUBANI; SOH; SEELING, 2010), sendo de suma importância o desenvolvimento da consciência gerencial na disseminação de uma cultura orientada para a gestão de processos (SMART, MADDERN e MAULL, 2009).

O conhecimento dos processos e suas características são importantes para identificar as áreas com oportunidade de melhoria, fornecer o conjunto de dados para a tomada de decisão, fornecer a base para definir metas de aperfeiçoamento e avaliar e gerenciar rotinas e resultados (PAMPONET, 2009).

Segundo Atesci *et al.* (2010) uma das formas de viabilizar o entendimento de um processo é a aplicação e o monitoramento de sua padronização, a qual possibilita o estabelecimento de parâmetros integradores de aprendizado e de conhecimento que

considerem as mentalidades, os valores e os significados compartilhados, diminuindo, assim, diversidades culturais. Além disso, a padronização gera uma redução efetiva nas perdas, pois a mesma busca alcançar o máximo desempenho das atividades (CANTIDIO, 2016). Contudo, a técnica é dificultada na medida em que há um aumento na diversidade de processos e nos aspectos organizacionais e comportamentais (VAN NUFFEL *et al.*, 2012). Com o intuito de minimizar essas problemáticas, foram desenvolvidas muitas ferramentas de modelagem de processos de negócio para compreensão de como os processos se articulam e geram valor (DIJKMAN *et al.*, 2011).

Emerge a teoria do *Business Process Management – BPM*, que consiste em uma abordagem disciplinada para identificar, desenhar, executar, documentar, implantar, medir, monitorar, controlar e melhorar processos de negócio, com o objetivo de alcançar resultados consistentes e alinhados com as estratégias da organização (BALDAM *et al.*, 2014). O BPM pode acelerar processos organizacionais, reduzir os recursos necessários, melhorar a produtividade e a eficiência, e melhorar a competitividade para as organizações (VAN DER AALST *et al.*, 2003-b). A disciplina pode ser considerada, ainda, como uma prática organizacional da competitividade operacional das organizações (CHUNGUANG BAI, 2013). Cook e Wolf (1996) indicam que o BPM é uma área que objetiva a automação dos processos de negócios. Assim, ela torna-se uma abordagem importante para a gestão das organizações sob o ponto de vista das operações (DIJKMAN *et al.*, 2012), indo além do gerenciamento de fluxo de trabalho, de forma a utilizar padrões e ferramentas para projetar, implementar, promulgar e avaliar processos de negócios (LIU *et al.*, 2009).

A seção seguinte apresenta o ciclo do BPM e busca estabelecer a interligação entre o BPM e o *process mining*.

### **2.1.2. Ciclo de BPM e o *Process Mining***

Atualmente existe disponível, em estudo e no mercado, uma grande quantidade de modelos de ciclos de BPM, com diferentes abordagens. As descrições de suas fases se modificam em função da forma pela qual os autores posicionam o tema. Apesar

da diversidade de conceitos e etapas, as definições apresentadas não variam de forma significativa.

Assim, considerando-se esse cenário de amplas opções, Baldam *et al.* (2014) propuseram um Ciclo de BPM unificado, demonstrado na Figura 3, a partir das principais referências, autores e abordagens acerca do tema, encontrados na literatura, proposta essa que será apresentada no presente estudo.

As etapas do Ciclo de BPM Unificado, proposto pelos autores, são as seguintes:

#### **a) Planejar o BPM**

Essa etapa objetiva selecionar as atividades de BPM que colaborarão para o alcance das metas organizacionais (das estratégicas às operacionais) e criar condições para a condução do BPM. As principais atividades que integram essa fase são: (a) entender os ambientes externo e interno e a estratégia organizacional, (b) manter a governança de processos, implementar a estratégia, objetivos e abordagens para a promoção de mudanças, (c) criar e/ou atualizar a organização do Manual do sistema de Gestão do BPM, (d) preparar, total ou parcialmente, a estrutura de classificação de atividades e/ou processos, (e) definir a gestão de projetos para implantação, (f) definir e conhecer os elementos básicos e priorizar os processos, (g) orientar sobre os recursos necessários para a análise, modelagem e otimização de processos, (h) criar equipes de trabalho para determinados processos, (i) observar questões que possam dificultar o planejamento do BPM, e (j) realimentar o planejamento.

#### **b) Analisar, modelar e otimizar processos**

Essa etapa contempla atividades que permitem entender a totalidade da organização, visualizar onde estão inseridos os principais processos, avaliar a existência de *gaps* de compreensão e desempenho, gerar informações sobre o processo atual (*as is*) e/ou propor processos futuros (*to be*). Assim, as principais atividades que integram essa etapa são: (a) avaliar o negócio no qual o processo está inserido, (b) modelar o processo na situação atual, embora em algumas situações esse modelos já estejam disponíveis para uso, (c) comparar o modelo com melhores práticas e realizar *benchmarking*, quando possível, (d) melhorar processos e projetá-los para situação futura (modelo *to be*), (e) gerenciar a mudança, (f)

demonstrar o detalhamento do gerenciamento de projeto e implantação dos processos e (g) realimentar o planejamento de BPM.

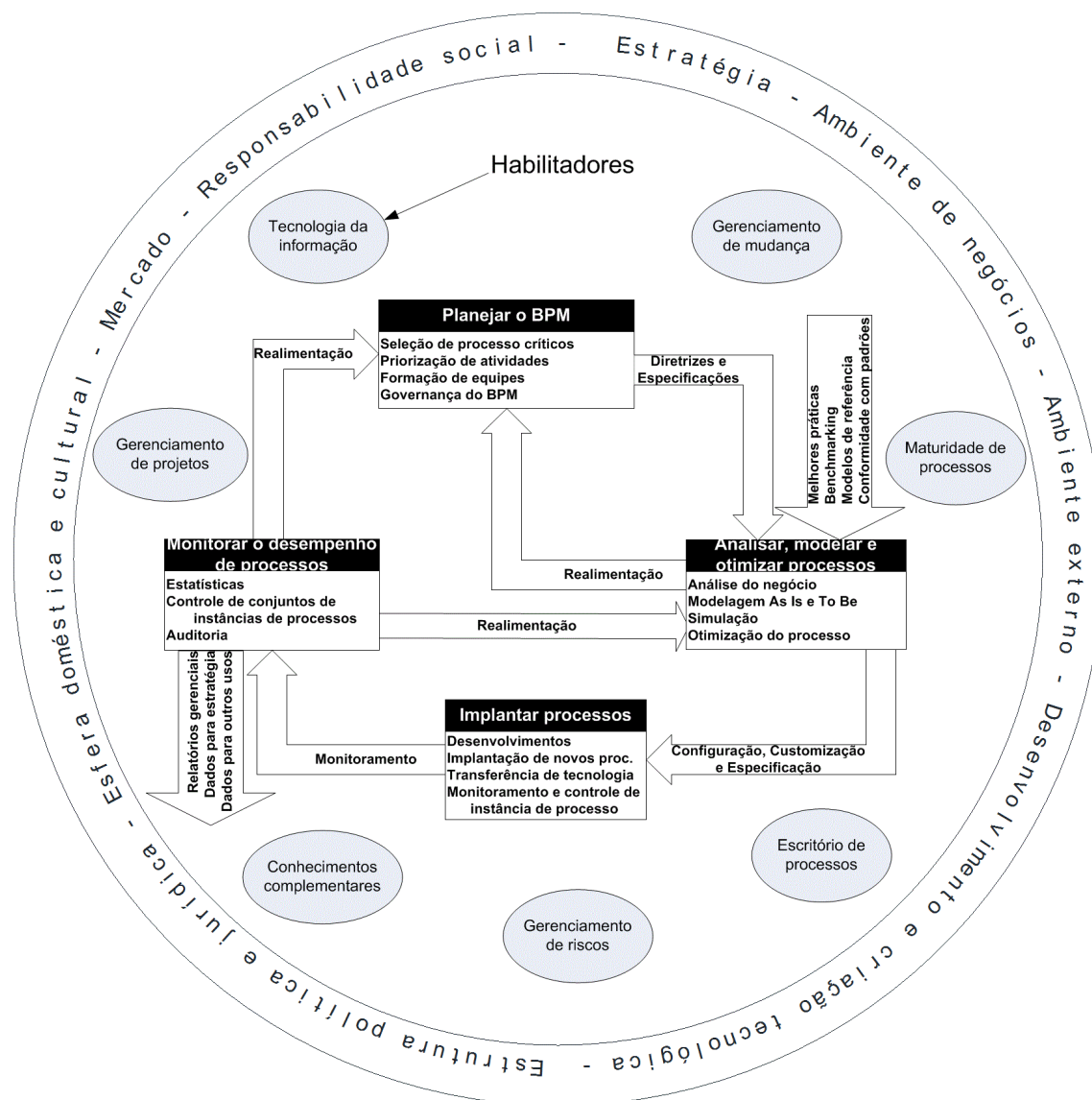
### ***c) Implantar processos***

Essa etapa contempla atividades que viabilizarão a implantação e a execução dos processos, quais sejam: (a) detalhar e efetivar o gerenciamento do projeto de implantação e estruturar a equipe responsável pelo mesmo, (b) coordenar os ajustes dos recursos de infra-estrutura necessários, (c) coordenar os testes e/ou piloto da solução, (d) gerenciar o plano de transferência da tecnologia, (e) capacitar e dar apoio aos recursos humanos envolvidos, (f) desenvolver e executar os programas de *marketing* das soluções, (g) transferir o controle de execução e monitoria de instâncias do processo implantado aos executores, (h) verificar a necessidade de e, sendo o caso, a implantação de melhoria dos processos em execução, e (i) coordenar a gestão da mudança no momento da implantação.

### ***d) Monitorar o desempenho dos processos***

Essa etapa engloba atividades relacionadas ao controle geral do processo, gerando informações para a realimentação futura das demais fases do ciclo unificado de BPM, quais sejam: (a) apoiar o registro de desempenho dos processos ao longo do tempo, (b) realizar o *benchmarking*, (c) realizar auditorias do processo em uso, (d) realizar a análise da maturidade da organização e/ou unidade de negócios, e (e) planejar e distribuir os dados do monitoramento do desempenho.

Figura 3 – Ciclo de BPM unificado.



Fonte: Baldam *et al.* (2014).

Dentro da estrutura do ciclo, existem alguns momentos que se caracterizam por: diagnóstico do processo, desenho ou redesenho do processo, análise do processo, implementação do processo, configuração ou reconfiguração do processo, execução do processo e ajuste do processo (VAN DER AALST *et al.*, 2012).

É na execução do ciclo de BPM que a mineração de processos se posiciona, considerando-se que a mesma é uma ferramenta de valor para a maior parte dos seus momentos (VAN DER AALST *et al.*, 2012). Assim, segundo o autor, no momento da execução do processo, a técnica poderá ser usada para o suporte

operacional, através de previsões e recomendações baseadas em modelos originários de dados históricos, mas ressalta o grande beneficiado pela técnica, que é o momento do diagnóstico do processo.

Diante do posicionamento da mineração de processos no BPM e das situações abordadas, dentre elas: (a) a consideração do BPM como ferramenta de automação de processos, proposta por Cook e Wolf (1996); (b) o fato do BPM se constituir num método para trazer eficiência ao gerenciamento de processos e (c) a necessidade de uma prática de identificação automática dos processos, e, considerando, ainda, que a mineração de processos permite às organizações atender suas necessidades de aprender sobre seus próprios processos (TIWARI, 2014) é que a referida técnica se torna fundamental no BPM.

A próxima seção fará uma abordagem sobre o *process mining* e demonstrará os seus tipos.

## **2.2. Mineração de Processos ou *Process Mining***

### **2.2.1. Definições**

A maioria das organizações tem algum tipo de sistema de informação orientado a processos que mantém o controle e armazenamento dos eventos de negócios realizados (WEERDT, 2013). A gestão de processos de negócios (BPM – *Business Process Management*) inclui métodos, técnicas e ferramentas para apoiar o projeto, a realização, o acompanhamento e a melhoria de processos de negócios – ou workflows de negócios (VAN DER AALST *et al.*, 2003-c). A mineração de dados consiste na extração ou mineração de conhecimento a partir de grandes quantidades de dados (HAN *et al.*, 2006). Na junção das duas áreas, BPM e mineração de dados, um novo campo de estudo é estabelecido, chamado mineração de processos de negócios ou *process mining* (VAN DER AALST *et al.*, 2011-a). A mineração de processos se situa entre a mineração de dados e aprendizado de máquina, de um lado e a modelagem e a análise de processo de negócios de outro, proporcionando uma importante interligação entre eles. (VAN DER AALST *et al.*, 2011-b).

A necessidade de melhorar processos de negócios em ambientes competitivos e de rápida evolução e a possibilidade de registros de eventos, que facilita o histórico dos processos, contribuem para o crescente interesse na área de mineração de processos (VAN DER AALST *et al.*, 2011-b).

Considerando-se a importância da mineração de processos (*process mining*) dentro do BPM, e, por conseguinte, dentro das organizações, torna-se fundamental definir os termos envolvidos com a utilização da técnica. O Quadro 1 demonstra esses principais conceitos.

Quadro 01 – Principais conceitos adotados na pesquisa.

Conceito	Descrição
Atividade	Um passo bem definido num processo. Os eventos podem referir-se ao início, conclusão, cancelamento, etc., de uma atividade para uma determinada instância de um processo.
Caso	Ver Instância de processo.
<i>Data Mining</i> ou mineração de dados	Análise de conjuntos de dados (tipicamente grandes conjuntos) para encontrar relacionamentos inesperados e sintetizar os dados de forma a proporcionar novo conhecimento.
Descoberta automatizada de um processo de negócio	Ver descoberta de processos.
Descoberta de processos	Um dos três tipos básicos de <i>Process Mining</i> . Baseado num conjunto de registros de eventos, a estrutura de um modelo de processo é compreendida. Por exemplo, o algoritmo $\alpha$ é capaz de descobrir uma rede de Petri por identificação de padrões de processo em conjuntos de eventos.
Evento	Uma ação evidenciada nos registros de eventos, como, por exemplo, o início, a conclusão, ou o cancelamento de uma atividade de uma instância particular de um processo. O levantamento de dinheiro num caixa multibanco, a calibração de um aparelho de Rx, por um especialista, o pedido de renovação de uma de carteira de habilitação de condução, a recepção de um bilhete eletrónico de um viajante são exemplos de eventos.
Expansão do Modelo	Um dos três tipos básicos de <i>Process Mining</i> . O modelo de Processo é expandido ou melhorado usando a informação extraída dos registros de eventos. Por exemplo, os pontos de estrangulamento podem ser identificados usando referências temporais, através da repetição de um conjunto de registros de eventos num dado modelo de processo.
Instância do processo	Entidade que está a ser processada pelo processo em análise. Eventos referem-se às instâncias de processo. Ordens de compras, pedidos de empréstimos são exemplos de instâncias de processo.
XML	Formato para a criação de documentos com dados organizados de forma hierárquica
MXML	Formato utilizado para os registros de eventos.
<i>Process mining</i> ou mineração de processos	Técnicas, ferramentas e métodos para detectar, monitorar e melhorar os processos que são executados extraíndo conhecimento a partir de registros de eventos comumente disponíveis nos sistemas de informação.

Registro de eventos	Conjunto de registros de eventos utilizados como input para o <i>Process Mining</i> . Os eventos não necessitam de estar registrados num conjunto de dados único (por exemplo, os eventos podem estar dispersos em diversas bases de dados).
Verificação de conformidade	Análise se uma atividade nos registros de eventos está de acordo com o modelo

Fonte: Adaptado de Van der Aalst *et al.*, 2012 e Wikipédia, 2017.

Além do conceito de mineração de processos referenciado no Quadro 1, outras abordagens foram encontradas na literatura. Num contexto em que o crescimento do universo digital, diretamente relacionado a processos em organizações, possibilita o registro e análise de eventos (WORTMANN, 2012), Huo (2006) relaciona a mineração de processos à descoberta de conhecimento em processos de negócio, a partir da análise de registros de atividades e eventos realizados durante sua execução.

Outra definição, delineada por Aalst (2004-b), é que a mineração de processos consiste num método de extração da descrição de um processo (e de diversas outras perspectivas deste), estruturado em função de um conjunto de eventos reais. Tal procedimento é obtido por meio da análise do comportamento da execução das instâncias do processo, capturadas no formato de *logs* (KONDO, 2012).

A mineração de processos busca **descobrir**, monitorar, otimizar processos reais, por meio da extração do conhecimento existentes nos registros de eventos dos processos gerados pelos sistemas de informação. Os objetivos da mineração de processos consistem em: (I) explorar os dados de eventos de uma forma proveitosa, de forma a compreender o processo, (II) identificar seus pontos de estrangulamento, (III) antecipar problemas, (IV) registrar violações de regras, (V) recomendar medidas, e (VI) agilizar processos (VAN DER AALST *et al.*, 2011-a), além de descobrir o modelo de processo a partir de eventos que são registrados pelo sistema de informação (WANG, 2012), e monitorar e melhorar processos de negócios reais por meio de conhecimento (MAITA, 2015). Medeiros *et al.* (2007) corrobora a possibilidade da técnica ser utilizada para monitorar sistemas ou processos operacionais.

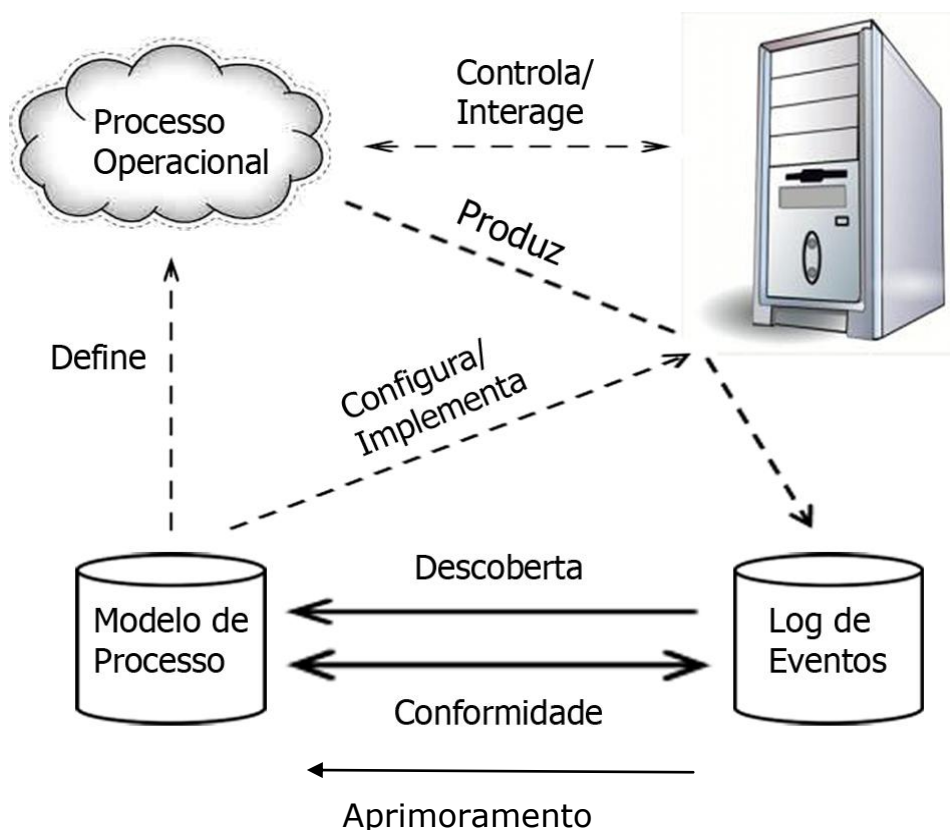
Para a utilização da técnica, entretanto, é fundamental a existência do seu ponto de partida, ou seja, o conjunto de registros de eventos. As técnicas de mineração de



processos estão orientadas para extrair conhecimento a partir de registro de eventos (*logs*) frequentemente disponíveis nos sistemas de informação atuais.

A Figura 4 apresenta uma visão geral acerca das aplicações de mineração de processos em um ambiente suportado por algum tipo de sistema de informação.

Figura 4 – Visão geral de um ambiente de mineração de processos.



Fonte: Adaptado de CRUZ, J.I.B. (2008).

Em geral, informação adicional poderá também ser mantida nos registros de eventos. Assim, técnicas de mineração de processos usam, quando disponíveis, informações complementares como recursos (pessoas ou dispositivos) que executaram ou iniciaram a atividade e as referências temporais do evento ou elementos de dados registrados com o evento (VAN DER AALST *et al.*, 2011-a). Partem do pressuposto de que é possível registrar sequencialmente eventos, de tal forma que cada evento represente uma atividade - uma etapa bem definida num processo - e está relacionado com um caso particular - uma instância de processo (VAN DER AALST, 2013). O Quadro 2 exemplifica as principais informações que são extraídas em um *log* de eventos. Para cada evento do *log* (linha da tabela), indica-se a instância em que ele ocorreu; a atividade a que ele se relaciona; quem foi o

responsável por sua execução; e o momento em que o evento foi registrado. Outras informações podem ser extraídas, como, por exemplo, explicitar se um evento foi de início ou término de uma atividade.

Quadro 02 – Exemplo de informações registradas em um *log* de eventos.

<i>Instância</i>	<i>Atividade</i>	<i>Executor</i>	<i>Timestamp</i>
1	Atividade 1	Clara	12.04.2015 10:05
2	Atividade 1	Artur	12.04.2015 13:54
1	Atividade 2	Artur	13.04.2015 09:05
1	Atividade 4	Pedro	15.04.2015 11:32
2	Atividade 1	Clara	16.04.2015 17:02
1	Atividade 1	Clara	05.05.2015 08:45
3	Atividade 1	José	07.06.2015 11:40
2	Atividade 5	Artur	16.06.2015 10:55
2	Atividade 6	Paulo	23.06.2015 11:49

Fonte: Elaborado pela autora.

As técnicas de mineração oferecem novos meios para descobrir, monitorar, e melhorar processos num vasto domínio de aplicações (VAN DER AALST, 2013). Além disso, a prática permite a disponibilidade de formas para averiguação da validade e confiabilidade da informação acerca dos processos centrais das organizações (VAN DER AALST *et al.*, 2011-b).

Considerando-se as dificuldades já relatadas no presente trabalho, observadas com a utilização de técnicas tradicionais e manuais para a auditoria de processos, quais sejam: (a) a possibilidade de falhas; (b) a existência de abordagens tendenciosas por funcionários; (c) a realização da técnica por amostragem, sem contemplar todas as instâncias dos processos; (d) o custo dos métodos manuais, dentre outras, a metodologia proposta pelo *process mining* vem trazer respostas a essas problemáticas, oferecendo celeridade, eficiência, validade, confiabilidade e automação para o procedimento de auditoria de processo de negócios em organizações.

Na próxima seção serão abordadas as principais técnicas de *process mining*.

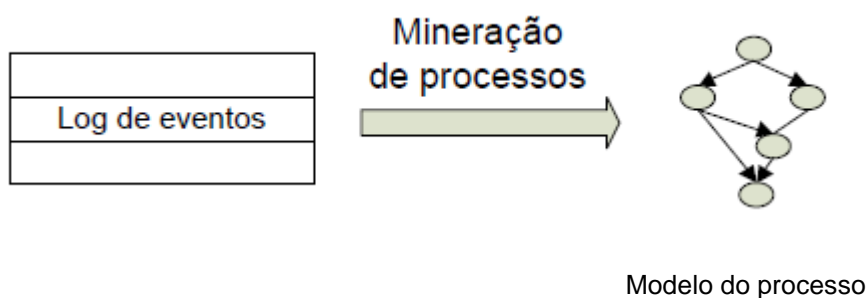
### 2.2.2. Técnicas de Mineração de Processos

Existem basicamente três técnicas de mineração de processos: (1) descoberta, (2) conformidade e (3) aprimoramento (VAN DER AALST, 2011-a, 2012, 2013, BORREGO E BARBA, 2014). As duas primeiras abordagens promovem a análise do processo como um todo, enquanto a última é usada principalmente em questões específicas do mesmo (CARON *et al.*, 2013).

Pesquisadores de mineração de processos têm focado principalmente no desenvolvimento e aperfeiçoamento das técnicas de descoberta de processo (CARON *et al.*, 2013). Esse primeiro tipo de mineração constitui a **descoberta automática do processo**, ou seja, a obtenção do mesmo a partir de um conjunto de registros de eventos (VAN DER AALST *et al.*, 2011-a). Neste caso, um modelo é produzido (CLAES *et al.*, 2014) sem a utilização, em princípio, de qualquer tipo de informação. Existem dezenas de técnicas para extração de um modelo de processo a partir de dados de eventos brutos. Muitas organizações são surpreendidas ao tomarem conhecimento de que existem técnicas que permitem descobrir processos reais baseando-se apenas em exemplos de execuções registradas em *logs* de eventos. Frequentemente usam o processo de descoberta como um ponto de partida para outros tipos de análise (VAN DER AALST, 2012). A descoberta de processos pode fornecer respostas a muitas perguntas das organizações, permitindo que desvendem processos implícitos e conhecimento tácito dos mesmos (GOEDERTIER *et al.*, 2011).

A Figura 5 mostra a representação da descoberta dos modelos dos processos, que se efetiva através da extração dos fluxos dos processos a partir dos *logs* de eventos (ESPOSITO, 2012). Em outras palavras, é realizada a engenharia reversa de dados reais de sua execução, extraídos a partir de sistemas de informação (VAN DER AALST *et al.*, 2003- a).

Figura 5 – Descoberta de modelos utilizando técnicas de mineração de processo.



Fonte: Adaptado de ESPOLITO (2012).

A avaliação da qualidade dos modelos de processo descobertos é um elemento essencial, tanto para a realização do processo de pesquisa de mineração, bem como para a utilização do processo de exploração, na prática (WEERDT, 2012). A partir do modelo de processo elaborado, poderá haver uma estruturação do conhecimento organizacional com o objetivo de entender o funcionamento holístico de uma empresa ou um processo do negócio (BUBENKO *et al.*, 1998).

Além disso, como a mineração de processos obtém modelos a partir de dados reais de execução, o fluxo modelado é menos sujeito a erros do que aquele obtido através de métodos tradicionais, como as entrevistas, por exemplo. Sua contestação fica dificultada, permitindo utilizá-lo como prova da necessidade de se iniciar um projeto de reengenharia organizacional. A técnica pode ainda ser utilizada como um facilitador para projetos de BPM em organizações, considerando-se que o custo inicial para a obtenção de modelos de processo é muito menor quando comparado à abordagem tradicional. Ainda que possam necessitar de uma avaliação final dos participantes do processo, para enriquecer o fluxo identificado e corrigir interpretações equivocadas dos algoritmos, os modelos obtidos através da mineração de processos são um importante insumo que torna mais eficiente e eficaz as demais atividades de um projeto de BPM (ESPOSITO, 2012).

O segundo tipo de mineração é a **conformidade dos processos**. Ela é utilizada para comparar um modelo de processo existente com o *log* de eventos do mesmo processo. Na verificação de conformidade avalia-se se o processo, tal como descrito em seus registros de eventos, está em conformidade com seus modelos, e vice-versa. É importante registrar que a técnica pode ser aplicada a modelos processuais, modelos organizacionais, modelos de processos declarativos, regras de negócio,

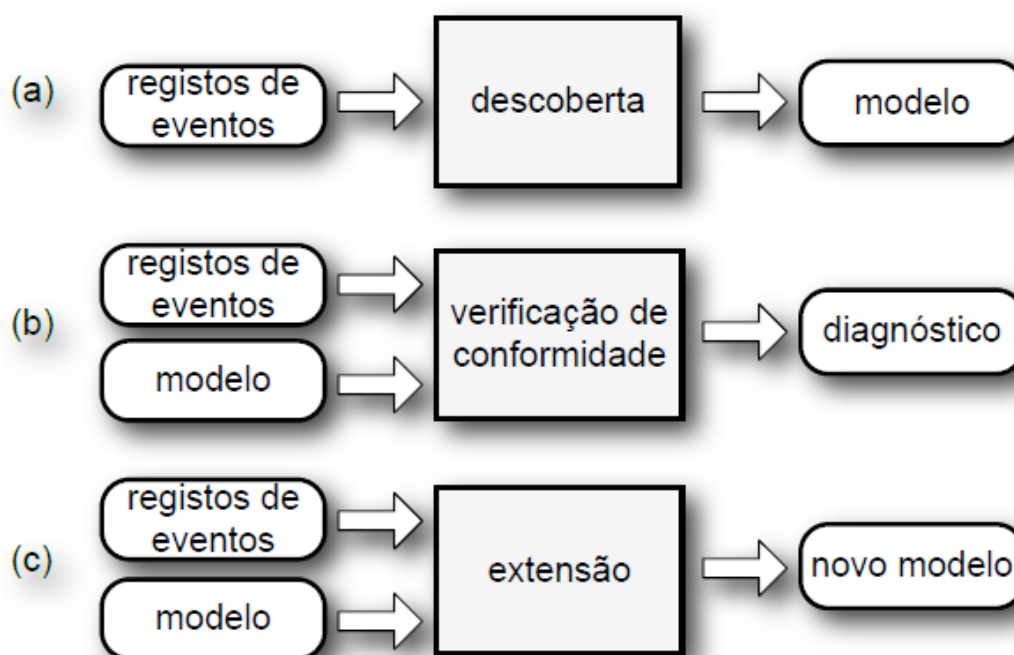
leis, etc. (VAN DER AALST *et al.*, 2011-b). A comparação mostra as diferenças existentes entre o verdadeiro processo e o processo modelado, podendo quantificar as diferenças de nível de conformidade entre eles. Os desvios encontrados são analisados quanto à sua severidade e origem.

A verificação de conformidade é altamente relevante para a auditoria (VASARHELYI 2004) e a análise de risco dos processos (HULSTIJN, 2010).

O terceiro tipo de mineração de processo é o **aprimoramento**. Essa técnica objetiva estender ou aprimorar um modelo de processo a partir da utilização da informação existente sobre o processo real gravado em algum *log* de eventos. Considerando as medidas de controle de conformidade do alinhamento entre modelo e realidade, esse tipo de mineração visa, a priori, alterar ou ampliar o modelo do processo. Por exemplo, usando registros de tempo (*timestamps*) no *log* de eventos pode-se estender o modelo para mostrar pontos de estrangulamento, tempos de produção e frequências.

A Figura 6 demonstra as três técnicas de mineração de processos, em termos de entradas e saídas.

Figura 6 – Técnicas básicas de mineração de processos em termo de entradas e saídas: (a) descoberta, (2) conformidade e (3) aprimoramento.



## 2.3. Auditoria Interna

### 2.3.1. Definições

A Auditoria Interna avalia, de forma independente, e em parceria com gestores e especialistas, a eficiência e a eficácia dos sistemas de controle de toda a organização, agindo de forma proativa e preservando a obediência às políticas definidas pela empresa, procurando acrescentar melhorias, propiciando subsídios aos gestores das organizações, de forma a objetivar que a missão da instituição seja cumprida (GORETH, 1992). Ela permite verificar se as políticas e os procedimentos internos e estabelecidos pela administração estão, de fato, sendo obedecidos (ATTIE, 1992).

Atualmente existem várias modalidades de auditoria disponíveis, com diferentes abordagens. Dentre elas, está a auditoria operacional, que foi utilizada na metodologia do presente estudo. Esse tipo de auditoria visa melhorar a eficiência dos sistemas operacionais, bem como minimizar custos, por meio da análise do cumprimento dos objetivos estabelecidos pela direção da organização e verificação dos controles e procedimentos aplicados, ou ainda, tem por fim específico a melhoria das operações que estão sendo verificadas (LAWRENCE, 1973). Em função disso, a auditoria interna operacional constitui-se como uma relevante atividade para a análise dos processos internos da organização, bem como para a gestão das organizações sob o ponto de vista das operações.

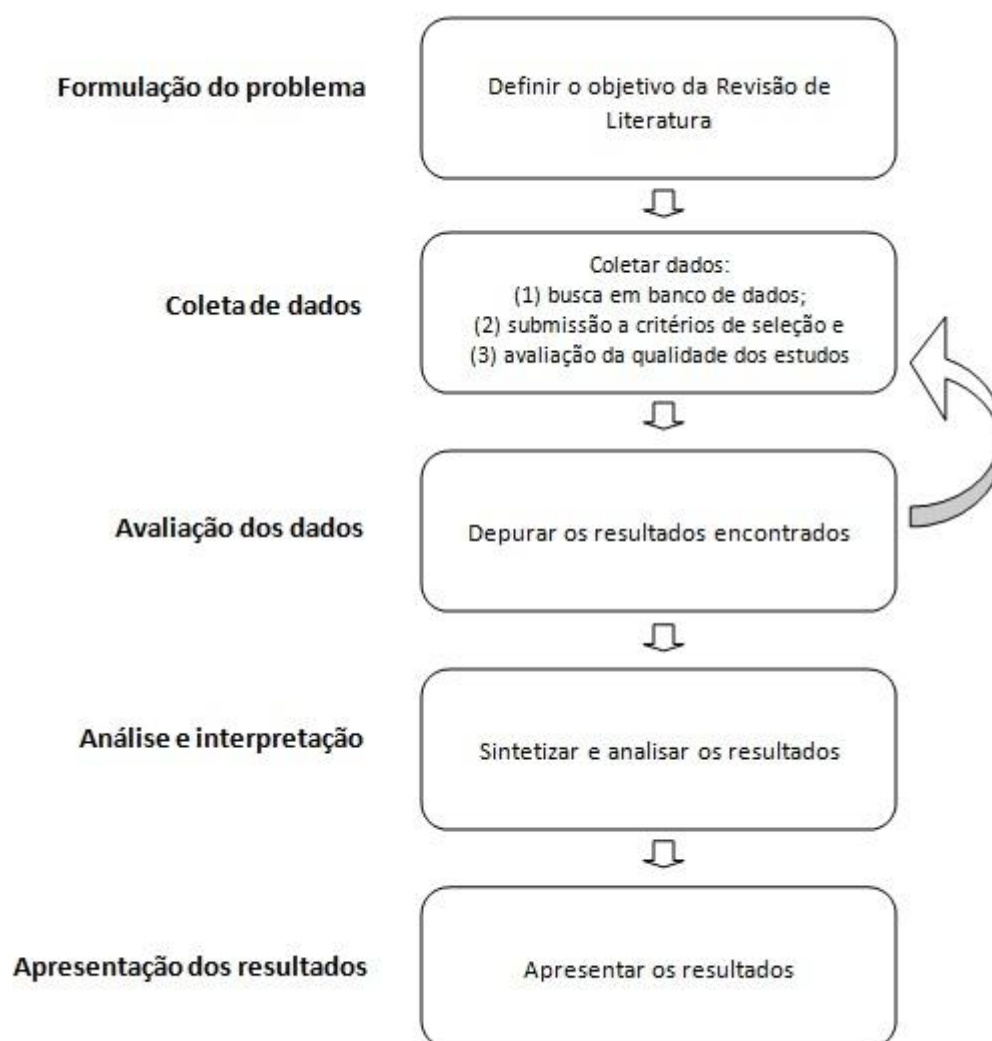
### 2.3.2. A auditoria interna e o *process mining*

Esta seção descreve a Revisão Sistemática de Literatura empreendida neste trabalho para identificar os benefícios de auditoria que a utilização do *process mining* traz para as organizações, demonstrando, através de técnicas de análise de conformidade, como o mesmo pode ser utilizado em processos da instituição.

A revisão sistemática de literatura baseou-se no protocolo estabelecido por Cooper (1984), que inclui as seguintes etapas: (1) formulação do problema; (2) coleta de dados; (3) avaliação dos dados; (4) análise e interpretação; e (5) apresentação dos resultados. Ela objetivou identificar contribuições relevantes sobre a utilização de

mineração de processos em organizações. Uma visão geral do protocolo utilizado, baseado na proposição de Cooper (1984), é apresentada na Figura 7.

Figura 7 – Visão geral da revisão sistemática de literatura.



Fonte: Elaborado pela autora.

No que se refere especificamente à coleta de dados, a referida fase baseou-se na proposta de Chen e Babar (2011), objetivando dar maior confiabilidade à pesquisa. Assim, a mesma foi realizada em três sub-etapas.

A primeira sub-etapa da coleta de dados consistiu na busca e identificação dos estudos primários em bancos de dados de pesquisa. O critério adotado para a escolha da base de dados foi a sua abrangência em nível internacional na área da

pesquisa. Optou-se por realizar a pesquisa através do Portal de Periódicos da CAPES, por sua disponibilidade e porque agrega mais de 400 bases de dados eletrônicas de publicações técnicas, incluindo: Springer Link, Science Direct, Emerald Insight, Google Scholar, IEEE Explore, ISI Web of Science, JSTOR, Scopus e Wiley Online Library.

Para a estratégia de busca, foi elaborada uma sequência de pesquisa. Os termos e palavras-chave, e as combinações entre si utilizadas na busca estão dispostos no Quadro 03.

Quadro 03 – Palavras-chave e termos utilizados na busca.

Combinação das palavras-chave		
"Process mining"	AND	"Business process management"
"Process mining"	AND	"Case study"
"Process mining"	AND	"Benefits"
"Process mining"	AND	"Audit"

Fonte: Elaborado pela autora.

Inicialmente, buscou-se levantar estudos que estivessem genericamente relacionados à mineração de processos. Em seguida, procurou-se restringir as buscas a obras que mencionavam algum tipo de benefício com a utilização da técnica. As palavras-chave usadas na sequência foram definidas com base no conhecimento prévio de alguns dos autores deste estudo no assunto pesquisado.

Assim, foram identificados 83 registros acerca do tema, considerando-se a eliminação dos estudos duplicados e dos estudos que não estavam disponíveis na *web*.

A segunda sub-etapa da coleta de dados consistiu na submissão dos estudos primários a critérios de inclusão e exclusão, objetivando garantir que os mesmos atenderiam ao objetivo proposto pela pesquisa. Assim, o estudo proveniente da sequência de pesquisa foi submetido ao processo de seleção e, se atendesse aos critérios de inclusão, era selecionado como estudo preliminar. Por outro lado, se o estudo atendesse a algum dos critérios de exclusão, o mesmo era eliminado do conjunto de estudos selecionados. Nessa pesquisa, foi considerado "atendimento



aos critérios de inclusão”, o atendimento ao critério “IC-1” **OU** ao critério “IC-2” **E**, **NECESSARIAMENTE**, ao critério “IC-3” do Quadro 4. Nela estão listados os requisitos considerados na seleção do material, levando-se em conta os objetivos desta pesquisa.

Quadro 04 – Critérios de inclusão e exclusão dos estudos primários.

CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO DOS ESTUDOS PRIMÁRIOS	
Critérios de inclusão	
IC-1	O documento aborda essencialmente a mineração de processos, ou seja, a mineração de processos ou alguma tecnologia a ela relacionada está no escopo principal do trabalho, em vez de o termo “mineração de processos” estar meramente mencionado no texto, de forma generalizada;
IC-2	O documento não aborda essencialmente a mineração de processos, mas disserta sobre um estudo de caso, de qualquer área, utilizando necessariamente o método de mineração de processos ou alguma tecnologia a ela relacionada para o alcance de pelo menos um dos resultados propostos no estudo;
IC-3	O estudo apresenta, direta ou indiretamente, algum tipo de benefício, à organização, proveniente da mineração de processos.
Critérios de exclusão	
EC-1	O estudo não é eletronicamente disponível na <i>web</i> ;
EC-2	O estudo não é apresentado inteiramente em língua Inglês
EC-3	O resultado da busca, depois de aplicar a seqüência de pesquisa, não se refere a um artigo científico, mas a alguma outra fonte de dados, como: relatórios técnicos; livros e capítulos de livros; prefácios, editoriais da revista e manifestos
EC-4	O estudo corresponde a algum tipo de estudo secundário, como uma Revisão Sistemática de Literatura, e não a uma investigação específica, ou seja, um estudo primário
EC-5	O documento foi publicado há mais de 05 (cinco) anos

Fonte: Chen e Babar (2011)

Para tal procedimento, foi realizada a leitura e a análise do título, resumo e palavras-chave dos artigos. Em caso de insegurança quanto à inclusão ou não do estudo como fonte de pesquisa, a introdução e a conclusão também foram envolvidas na análise. Dessa forma, após a submissão ao processo de seleção, o conjunto selecionado se restringiu a 52 estudos.

A terceira sub-etapa consistiu em realizar a avaliação da qualidade dos estudos primários. O procedimento foi realizado a partir do método proposto por Dyba e Dingsøyr (2008), que descreve a qualificação realizada por quatro atributos – relatório, rigor, credibilidade e relevância – e 11 sub-atributos, conforme o Quadro 5.

Quadro 05 – Atributos e sub-atributos para avaliação da qualidade dos artigos.

Atributo	Descrição
Relatórios	Refere-se à qualidade das informações do estudo em termos de lógica, objetivos e contexto
Rel-1	O estudo primário é baseado em pesquisa ( ou é meramente um relatório de "lições de aprendizagem" baseado em opiniões de especialistas?
Rel-2	Existe uma declaração clara dos objetivos da pesquisa?
Rel-3	Existe uma descrição adequada do contexto em que a pesquisa foi realizada?
Rigor	Refere-se ao rigor dos métodos de investigação utilizados para estabelecer a validade dos dados
Rig-1	A pesquisa foi apropriada para atender os objetivos propostos?
Rig-2	A estratégia de recrutamento foi adequado aos objetivos da pesquisa?
Rig-3	Houve grupo de controle para comparar os tratamentos de pesquisa?
Rig-4	Os dados foram coletados de forma a atender à pesquisa?
Rig-5	A análise dos dados foi suficientemente rigorosa?
Credibilidade	Refere-se à avaliação da credibilidade dos métodos de estudo para assegurar que os resultados são válidos e significativos
Cred-1	O relacionamento entre pesquisador e participantes foi considerado adequado?
Cred-2	Existe uma declaração clara dos resultados?
Relevância	Refere-se à avaliação da relevância do estudo para o software indústria em geral e a comunidade científica.
Relev-1	O estudo é de valor para a prática ou pesquisa ?

Fonte: DYBA, T., DINGSØYR, T. (2008).

Assim, cada estudo foi submetido à análise dos critérios constantes no Quadro 5. Cada critério atribuiu um valor à pesquisa, que variou de 0 a 1 ponto, da seguinte forma: se o estudo contemplava totalmente o atributo, recebia o valor de 1 ponto; se contemplava parcialmente, recebia o valor de 0,5 ponto e se não contemplava, recebia o valor 0 ponto.

O Quadro 6 demonstra a média aritmética da pontuação de todos os estudos, para cada atributo, e a média aritmética geral.

Quadro 06 – Média aritmética da pontuação de cada atributo e a média aritmética geral.

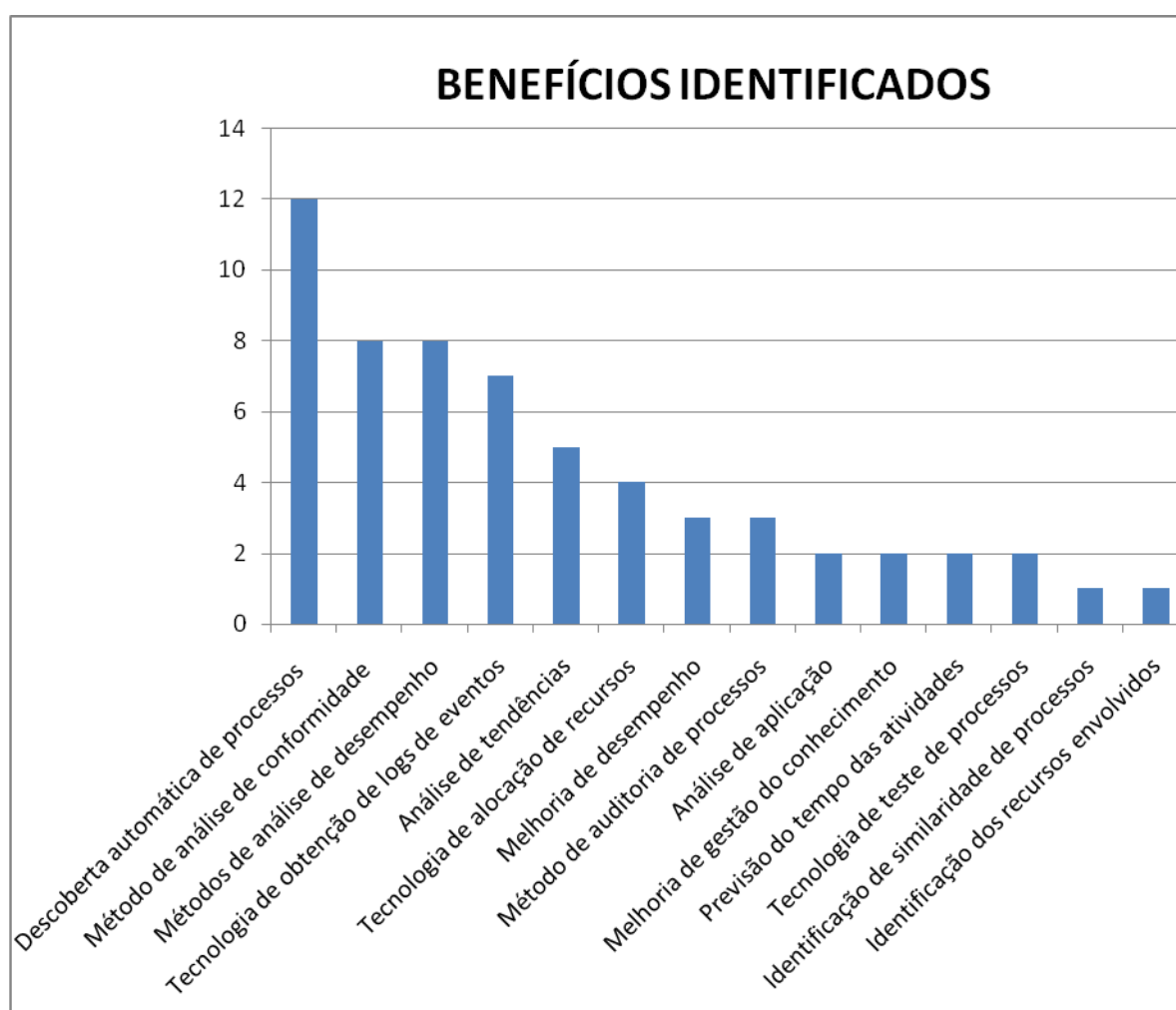
MÉDIA ARITMÉTICA DE CADA ATRIBUTO											MÉDIA ARITMÉTICA GERAL
RELATÓRIO			RIGOR					CREDIBILIDADE		RELEVÂNCIA	TOTAL
Rel-1	Rel-2	Rel-3	Rig - 1	Rig - 2	Rig - 3	Rig - 4	Rig - 5	Cred-1	Cred-2	Relev-1	
0,96	0,88	0,87	0,77	0,67	0,04	0,81	0,90	0,29	0,85	0,92	7,92

Fonte: Adaptado de DYBA, T., DINGSØYR, T. (2008).

É possível observar que os estudos receberam uma pontuação maior nos atributos “relatório” e “relevância”, em relação aos atributos “rigor” e “credibilidade”.

Na fase da análise e interpretação dos dados, os estudos primários do processo de seleção, por meio dos critérios de inclusão e exclusão foram submetidos a leituras mais aprofundadas, com o intuito de atender ao objetivo da presente pesquisa. A Figura 8 mostra os principais benefícios identificados nos estudos primários.

Figura 8 – Benefícios identificados nos estudos primários.



Fonte: Elaborado pela autora.

Diante de todos benefícios encontrados na busca efetuada, os benefícios de (i) identificação da similaridade de processos, (ii) métodos de análise de conformidade e (iii) métodos de auditoria de processos, possuem relação direta com assunto da pesquisa. Portanto, somente estes três benefícios foram analisados.

### ***Identificação da similaridade dos processos***

A identificação de similaridade dos processos é realizada mediante o uso de ferramentas e técnicas de trabalho que, por meio da análise de diferentes processos, avalia sua semelhança. Yinglong *et al.* (2014) demonstraram a identificação de similaridade dos processos através da aplicação dos grafos de dependência temporal – “*time dependency graph*” ou TDG. A avaliação de similaridade é realizada mediante aplicação de matrizes que identificam as semelhanças existentes entre processos formalmente diferentes, mediante a análise e quantificação de suas exigências, tarefas/serviços e funções. A verificação é realizada por meio da comparação entre um processo real e diversos modelos de processos armazenados em uma base de informação. Os dados do processo real são convertidos em uma representação matricial que será comparada às representações matriciais dos modelos de processos armazenados, em busca da maior similaridade possível entre os processos (YINGLONG *et al.*, 2014). A identificação de similaridade de processos possibilita a aplicação de fluxos de trabalho já testados e com eficiência comprovada a novas situações reais.

### ***Métodos de análise de conformidade***

O estabelecimento de fluxos de trabalho nas organizações tem a finalidade de definir o itinerário de cada modalidade de processo e os recursos a serem envolvidos em cada fase de sua execução. No entanto, por se tratarem de atividades que envolvem a atuação de seres humanos, há a possibilidade de que os fluxos de trabalho estabelecidos não estejam sendo seguidos, seja qual for a razão. Assim, a mineração de processo possibilita a análise de conformidade e de desvios (LEONI *et al.*, 2015), procedimento essencial para a avaliação da aderência da organização aos fluxos de trabalho estabelecidos.

Em seus estudos, Leoni *et al.* (2015) detectaram, em um hospital de grande porte, a falta de conformidade existente entre alguns modelos de processos, construídos a partir de guias e protocolos clínicos, e o modelo real dos processos executados. A identificação dos desvios foi possível a partir da utilização do *plug-in Analyzer Declare*, da ferramenta *ProM*. As discrepâncias entre os modelos de protocolo e os processos reais executados foram justificadas por alguns profissionais, ao alegarem

a necessidade de adaptação dos mesmos a determinadas estratégias específicas, pertinentes a cada caso. Dessa forma, puderam-se aprimorar os modelos teóricos de protocolos pré-existentes a modelos práticos de casos específicos, melhorando os fluxos de tratamento dos pacientes.

Na área da saúde, muitos esforços são realizados para garantir a qualidade do tratamento do paciente, porém, às vezes, a existência de desvios nos processos de seu tratamento e de protocolos clínicos se faz necessária (CARON *et al.*, 2014). A mineração de processos promove duas oportunidades: (i) a viabilidade da visão concisa sobre os processos e cuidados e o apoio à reorganização resultante e (ii) a possibilidade de verificação do cumprimento das orientações médicas e a análise criteriosa das instâncias dos processos de tratamento que violam as diretrizes (CARON *et al.*, 2014). Rebuge *et al.* (2012) constataram que, utilizando a mineração de processos como elemento de comparação em uma unidade hospitalar, foi possível obter uma visão do fluxo de processos da área de saúde, seu desempenho e sua aderência às diretrizes institucionais.

Dessa forma, a análise de conformidade permite a identificação de itinerários não previstos, irregularidades e falhas, para avaliação das razões que justificaram esses desvios. A partir da identificação dos mesmos, é possível a adequação dos fluxos de trabalho, treinamento e substituição dos recursos envolvidos, ou adaptações e aprimoramento do modelo padrão.

### ***Método de Auditoria de Processos***

A mineração de processos possibilita a constatação de irregularidades por meio da identificação de itinerários não previstos nos modelos de processos, em desconformidade com os regulamentos existentes. A partir de um modelo de processo, é realizada uma análise comparativa entre o modelo existente e o processo executado, onde é possível identificar possíveis violações às regras.

Jans *et al.* (2011) realizaram uma auditoria nos processos de compras de uma grande empresa, a partir da descoberta do modelo de processo. Segundo os autores, a fase do diagnóstico do processo demonstra a visão global do mesmo, permitindo que os profissionais dos assuntos identifiquem as fraquezas e os gargalos referentes ao processo de negócio. Esse diagnóstico foi executado em

cinco fases: (1) preparação dos *logs*, (2) inspeção dos *logs*, (3) análise do fluxo de controle, (4) análise do desempenho e (5) análise das funções.

Na primeira fase, procurou-se identificar a instância ideal do processo para a alocação dos *logs* de eventos. Após a análise da viabilidade da utilização da linha de ordens de compra ou de pedido de item para atuar como instância do processo, a mesma foi selecionada para tal função, de forma a receber os *logs*. Assim, foram estabelecidas algumas atividades (ou eventos) dos processos, como (a) criação da ordem de compra, (b) sinal da ordem de compra, (c) lançamento da ordem de compra, (d) entrada de mercadorias, (e) recebimento on-line da fatura do item e (f) pagamento da compra.

Na segunda fase, foi realizada a investigação dos *logs*. Observou-se que todos os fluxos das instâncias tinham como evento inicial a “criação da ordem de compra”, mas nem todos tinham como evento final o “pagamento da compra”. Dessa forma, foi aplicado um filtro nos *logs*, de forma a selecionar apenas os que tinham os eventos iniciais e finais acima descritos, o que destacou a importância da investigação e tratamento dos *logs* para a análise da mineração.

Para a obtenção da primeira identificação do processo foi utilizado o algoritmo *Fuzzy Miner*, que é um *plug-in* da ferramenta *ProM*. O resultado do procedimento revelou a seguinte sequência de eventos: “Criação da ordem de compra” → “Sinal da ordem de compra” → “Lançamento” → “Entrada da mercadoria” → “Pagamento”, como o caminho mais frequente, que estava de acordo com o modelo projetado. Os caminhos secundários foram justificados.

Na terceira fase, procurou-se realizar a análise do fluxo de controle e descobrir o processo central, ao qual estão incorporados os *logs* de eventos, objetivando-se verificar se processos de negócio reais correspondem ao modelo projetado. Foram identificados 161 padrões de sequência diferentes, o que demonstrou a presença de “ruídos” nos *logs* e permitiu a detecção de possíveis tentativas de fraudes no processo.

Foram identificados padrões mais frequentes na sequência do processo, que correspondiam a 82% de todos os registros. De acordo com a opinião de especialistas, os padrões estavam completamente de acordo com os procedimentos da empresa. Pôde-se então extrair um modelo de processo a partir do *log* de

eventos que, por sua vez, seria comparado ao modelo de processo concebido, para verificação de conformidade.

Na quarta fase, realizou-se a análise de desempenho do processo e a busca da existência de possíveis gargalos. A constatação de que um determinado grupo de tarefas estava sendo executado em um curto período de tempo induziu a possibilidade de tentativas de fraude. Assim, esta fase auxiliou na detecção das referidas irregularidades.

Na quinta fase, buscou-se realizar a análise das funções no processo, as quais foram representadas por pessoas envolvidas na execução das atividades. De acordo com o princípio da segregação de deveres, um mesmo funcionário ficaria impedido de ter o controle sobre determinada combinação de transações comerciais. Isso significa que um funcionário que executa a atividade “A” pode não ser apto a realizar a atividade “B”, por exemplo. Assim, essa fase permitiu a identificação dos recursos humanos que realizam tarefas incompatíveis, sob o aspecto regulamentar.

Em resumo, foi possível a identificação de alguns casos em que o mesmo indivíduo realizava duas tarefas que não poderiam ser realizadas pela mesma pessoa e, ainda, casos de violação de regras administrativas relativas à ausência de autorização ao se considerar o valor da compra.

Jans *et al.* (2013) identificaram, em outro estudo, alguns benefícios resultantes do uso de mineração de processos em relação às atividades de auditoria, como (a) possibilidade da análise dos dados, de forma integral, e não apenas como uma amostra; (b) registro dos dados a serem analisados, de forma independente da vontade dos auditados; (c) possibilidade de elaboração de um modelo de avaliação de riscos, de forma a viabilizar a identificação e análise dos itinerários dos processos; e (d) possibilidade de descobrir como as atividades são efetivamente realizadas na prática, e identificar as relações sociais entre as pessoas que compõem a organização.

Os casos citados deixam claro que, através da mineração de processos, é possível realizar a descoberta do processo e a consequente identificação de falhas na sua execução. Tal procedimento permite a explícita verificação dos controles internos e regras de negócios em uma organização e fornece ferramentas que ajudam o auditor a detectar precocemente fraudes ou outras falhas em estágios do processo

(JANS *et al.*, 2011). Diante dos resultados, foi possível destacar a utilidade da mineração de processos para as organizações, como metodologia de análise de conformidade de processos e como metodologia de auditoria.

Para que as técnicas de *process mining* se efetivem, no entanto, faz-se necessária a utilização de ferramenta apropriada. Neste sentido, a seção seguinte abordará algumas ferramentas de mineração de processos e a que foi utilizada no presente estudo.

## **2.4. Principais ferramentas de *process mining***

No decorrer dos últimos anos, diversas plataformas de mineração foram desenvolvidas, tanto sob o aspecto acadêmico quanto sob o aspecto comercial, com o objetivo de extrair informações dos processos através de registros de eventos (Dongen *et al.*, 2005-a).

Esta seção descreve as principais ferramentas de mineração de processos encontradas na literatura. Optou-se por realizar a pesquisa através do Portal de Periódicos da CAPES, pelos motivos já expostos na seção anterior.

As principais ferramentas encontradas na busca foram: *Aris Process Performance Manager* (PPM), *Futura Reflect*, *Disco* ou *Fluxicon*, *BPM One*, e *ProM*.

A ferramenta *Aris Process Performance Manager* (PPM) foi desenvolvida com o objetivo de permitir a análise dos processos de uma organização, suportando diversas perspectivas e indicadores. A ferramenta se baseia em um armazém de dados, para onde são carregados dados da execução de cada atividade de cada instância dos processos que serão avaliados. O *Aris PPM* suporta a descoberta de modelos de processo, realçando cada fluxo modelado de acordo com sua frequência detectada. Nota-se, porém, que a ferramenta procura reproduzir no modelo todo o comportamento identificado no processo. Isso limita sua utilização em processos que contenham ruídos, o que ocorre em grande parte das situações do mundo real. O *Aris PPM* também realiza sua análise separadamente para cada tipo de processo carregado, exigindo alta estruturação dos dados no sistema de informação de origem (ESPOSITO, 2012).



O *Futura Reflect* fornece as capacidades de descoberta, animação e análise de desempenho do processo. A ferramenta pode construir um processo sem conhecimento prévio do seu modelo, a partir dos arquivos de *logs* de sistemas de informações (Turner *et al.*, 2012).

O *Disco* ou *Fuxicon* é frequentemente utilizado por pesquisadores para realizar a análise inicial dos *logs* através da filtragem, descoberta, descrições detalhadas da execução do processo e identificação de pontos de estrangulamento do mesmo (GANDULFO, 2016 e Turner *et al.*, 2012). Tem como característica relevante a não necessidade de decisão acerca do algoritmo de mineração a ser usado, simplificando o uso e eliminando a diversidade de diferentes notações de modelos gerados pela mineração (GANDULFO, 2016).

O *BPM One* permite a extração de processos, de forma interativa, melhorando a convergência dos dados. Partes dos registros dos sistemas de informação podem ser filtradas para instâncias de processos incompletos ou excepcionais.

As produções científicas encontradas acerca das ferramentas acima mencionadas realizavam a abordagem das mesmas, na maioria das vezes, em forma de citação da ferramenta utilizada no respectivo estudo, porém não adentravam em maiores detalhes e aprofundamentos acerca de todas as suas características, vantagens e desvantagens. Tal situação dificultou a realização de comparação entre elas, motivo pelo qual a mesma não foi realizada.

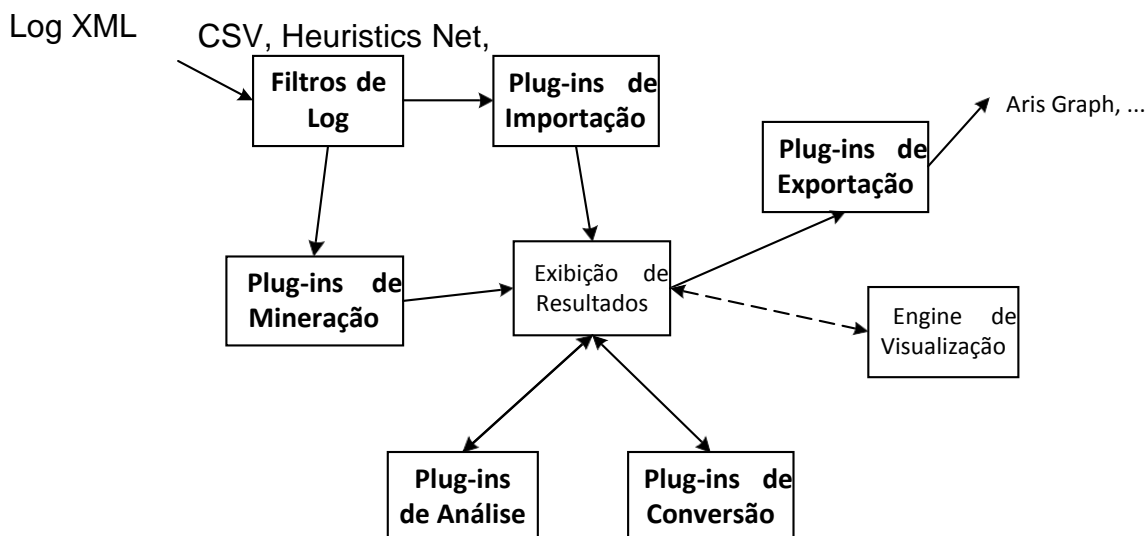
Apesar disso, a ferramenta *ProM* teve grande representatividade na literatura pesquisada. A mesma destacou-se por ser considerada o *framework* mais completo existente na área de mineração de processos, além de ser o único encontrado na literatura com suporte à mineração de processos desestruturados (ESPOSITO, 2012). A referida ferramenta surgiu a partir de um esforço de unificar diversas soluções anteriores na área de mineração de processos, extraíndo modelos de processos a partir de registros de execução. Segundo Bezerra *et al.* (2009), o *ProM* possui uma plataforma aberta e baseada em *plug-ins*, utilizados na mineração de processos. Em sua versão 5, estão disponíveis mais de 230 *plug-ins* (CRUZ, 2008) que implementam técnicas capazes de minerar as principais perspectivas dos processos, como a descoberta do fluxo e a conformidade (ESPOSITO, 2012). Porém, além da possibilidade de descoberta do processo e da análise de conformidade entre modelos pré-existentes e os identificados através da mineração

(*conformance checking*), a ferramenta fornece dispositivos para a análise do desempenho do processo, entre outras funcionalidades (Cruz, 2008).

A Figura 9 apresenta, de forma concisa, o funcionamento do *ProM*. Seus principais componentes são: (DONGEN *et al.*, 2005-a)

- ***filtros de log***, que importam arquivos de logs de eventos em formato XML, contendo instâncias de processo.
- ***plug-ins de importação***, que carregam modelos de processo ou fórmulas para o sistema.
- ***plug-ins de mineração***, que realizam a mineração de um processo, utilizando como entrada os logs de eventos. Seu resultado é armazenado em memória e em tela.
- ***plug-ins de análise***, que tratam os resultados da mineração e os modelos importados através de análises diversas, como análise de desempenho.
- ***plug-ins de conversão***, que transformam resultados em um novo formato, como, por exemplo, uma rede de Petri em um diagrama EPC (*Event-driven Process Chain*).
- ***plug-ins de exportação***, utilizados para exportar dados, como modelos, para o uso em ferramentas externas.

Figura 9 – Estrutura do framework do *ProM*.



Fonte: Adaptado de Van Dongen (2005-a).

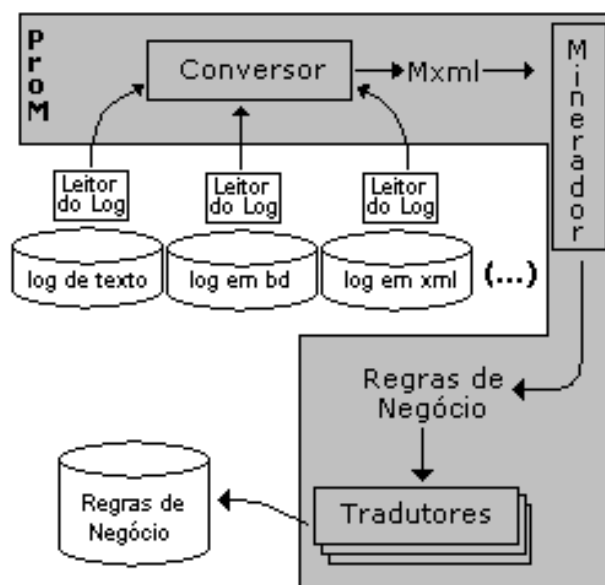
De acordo com Dongen *et al.* (2005-b), a partir de um estudo comparativo entre os formatos de saída de registros de execução dos sistemas de gerência de processos mais conhecidos e dos dados típicos de entrada utilizados pelas ferramentas de mineração, foi criado um formato no padrão XML, chamado *Mining XML* (MXML). E a ferramenta *ProM* trabalha o formato MXML de *log* de processos (Dongen *et al.*, 2005-a). Dessa forma, considerando um conjunto mínimo de informações que devem estar presentes para viabilizar a mineração de processos (instância do processo, identificação de atividade, *timestamp* e usuário de origem), o formato MXML estabelece um mapeamento dos dados representados pelos diversos sistemas de informação para um formato padrão de representação (CRUZ, 2008).

Nesse sentido, Creire *et al.* (2008) propuseram uma representação da mineração de processos, na qual os *logs* capturados a partir de um sistema de informação são convertidos em MXML. A Figura 10 demonstra o procedimento, que é realizado em quatro principais etapas:

- Geração do *log*;

- Conversão do *log* para o formato MXML: os logs de eventos, que podem estar em vários formatos diferentes, são pré-processados e convertidos em um formato único (MXML), que é interpretado pela ferramenta *ProM*;
- Mineração do processo: os dados obtidos no formato MXML são minerados;
- Conversão para o formato final: os processos descobertos são convertidos para uma forma de representação gráfica.

Figura 10 – Procedimento de descoberta do processo.



Fonte: Adaptado de Creire *et al.* (2008)

Diante da representatividade nos estudos científicos, das características e das vantagens identificadas, e por ser considerado um dispositivo completo, optou-se por utilizar o *ProM* como ferramenta de mineração, para a pesquisa conduzida neste trabalho.

## 2.5. Business Process Model and Notation (BPMN)

*Business Process Model and Notation* (BPMN) é uma notação gráfica padrão para captura de processos de negócio, usada para documentar e promover a comunicação entre os processos internos e externos à empresa e partes interessadas, que fornece e combina uma série de notações previamente propostas para modelagem do processo de negócio (DIJKMAN *et al.*, 2008). Seu principal objetivo é fornecer uma notação facilmente compreensível por todos os usuários de

negócios, desde aqueles que criam os rascunhos iniciais dos processos para os responsáveis pela implementação da tecnologia que irá executar os processos, até aquelas pessoas que irão gerenciar e monitorar esses processos. Dessa forma, o BPMN cria uma via padronizada para o intervalo entre a concepção do processo de negócios e sua implementação. Além disso, o BPMN proporciona um meio simples de comunicar dados do processo aos usuários de negócios, implementadores de processos, clientes e fornecedores (BALDAM *et al.*, 2014).

A sua abordagem nesta seção é feita considerando-se que a técnica é utilizada para a modelagem dos processos oficiais da instituição. Os processos que são objetos da auditoria, ou seja, os processos oficiais da organização, foram elaborados a partir de técnicas de modelagem de BPMN. Assim, para que a comparação entre os processos reais e os processos oficiais da instituição possa ser realizada, faz-se necessário o uso desta noção.

De acordo com Baldam *et al.* (2014), os elementos essenciais do BPMN são:

- a) **Objetos de fluxo:** eventos, atividades e *gateways* (portais de dispersão ou junção);
- b) **Dados:** objetos, entradas, saídas, armazenamentos, propriedades;
- c) **Objetos de conexão:** fluxo de sequência, fluxo de mensagem, associação, associação de dados;
- d) **Raias:** raias e piscinas;
- e) **Artefatos:** usados para informação adicional, como agrupamentos e informações de texto.

### **3. METODOLOGIA**

A pesquisa é um conjunto de ações propostas para encontrar a solução para um problema, que têm por base procedimentos racionais e sistemáticos, sendo utilizada na presença de um problema e na ausência de informações para solucioná-lo (MORESI, 2003). Trata-se de um procedimento formal, que utiliza o método de pensamento reflexivo e que requer um tratamento científico para se constituir no caminho que conduz ao conhecimento da realidade ou à descoberta de verdades parciais (LAKATOS *et al.* 2003).

Esta seção descreve a metodologia utilizada neste estudo, dividindo-se da seguinte forma: (i) classificação da pesquisa; (ii) condução da pesquisa e (iii) delimitação da pesquisa.

#### **3.1. Classificação da pesquisa**

De acordo com Moresi (2003), a pesquisa pode ser classificada como: (1) exploratória, (2) descritiva, (3) explicativa, (4) metodológica e (5) intervencionista. O primeiro tipo é realizado em ambientes onde há pouco conhecimento acumulado e sistematizado. Por sua natureza de sondagem, não comporta hipóteses que poderão surgir durante ou ao final da pesquisa. O segundo tipo (descritiva) expõe características de determinada população ou de determinado fenômeno, podendo estabelecer correlações entre variáveis e definir sua natureza. Não tem a finalidade de explicar os fenômenos que descreve, mas pode servir de parâmetro para tal explicação. O terceiro tipo (explicativa) tem como principal objetivo tornar algo inteligível, buscando justificar seus motivos. Visa, assim, esclarecer quais fatores contribuem, de alguma forma, para a ocorrência de determinado fenômeno. O quarto tipo (metodológica) tem por característica precípua a elaboração de instrumentos de captação ou de manipulação da realidade. Está, portanto, associado a caminhos, formas, maneiras e procedimentos para atingir determinado fim. O quinto e último tipo (intervencionista) tem como principal objetivo interferir na realidade estudada, de forma a modificá-la. Não se satisfaz, portanto, em apenas explicar. Distingue-se da pesquisa aplicada pelo compromisso de não somente propor soluções para os

problemas, mas também de resolvê-los efetiva e participativamente. Torna-se importante evidenciar que a classificação da pesquisa quanto ao fim pode ser cumulativa em suas categorias, podendo dessa forma apresentar mais de uma finalidade simultaneamente.

Desse modo, considerando-se que a presente pesquisa possui por objetivo demonstrar como a ferramenta de *process mining* pode ser utilizada na auditoria de processos governamentais, tendo por finalidade, dessa forma, ofertar um procedimento para atingir um fim, que é a resolução de um problema da organização estudada, a mesma é classificada como uma pesquisa metodológica.

### **3.2. Condução da pesquisa**

Os métodos selecionados para a pesquisa buscaram fornecer subsídios para a comparação entre os processos reais e os processos oficiais de uma organização, de forma a realizar uma auditoria operacional, a partir das técnicas do *process mining*, objetivando fornecer aos gestores da organização uma visão real dos processos de negócios.

Para o alcance dos objetivos do presente estudo foram utilizados dados coletados a partir de uma plataforma de informações para a gestão de conteúdo e processos. Nessa plataforma, a tramitação dos processos obedece às regras de negócio configuradas na ferramenta, de modo que cada instância de processo segue um caminho pré-definido para cada situação. Cada tramitação realizada entre setores ou entre órgãos para a realização de uma atividade do processo possui um registro no banco de dados da ferramenta.

No estudo em questão, foram utilizados dois processos de negócio: o processo de **Avaliação de Estágio Probatório (AEP)** e o processo de **Contrato e Designação Temporária (CDT)**. Esses processos foram selecionados porque se encontram configurados no sistema de informação acima mencionado. No que se refere ao recorte temporal, os dados utilizados neste estudo foram extraídos no período de julho de 2014 a dezembro de 2015. A data inicial deste período se justifica por ter sido o momento de implantação do referido sistema da Secretaria de Estado da

Saúde (SESA) e a data final, por ser o momento em que se iniciou o levantamento de dados para esse trabalho.

Os dados obtidos do sistema de informação foram inseridos na ferramenta de mineração de processos *ProM*, e, a partir de técnicas de *process mining*, foi possível identificar os modelos de cada processo. Os processos reais, obtidos a partir da técnica de mineração, foram comparados aos processos documentados e oficiais da instituição, e os resultados foram apresentados.

Dessa forma, o procedimento adotado permitiu realizar uma auditoria nos processos governamentais selecionados, através da comparação dos processos reais, obtidos a partir do *process mining*, com os processos oficiais, obtidos e documentados através da técnica de BPMN.

### **3.3. Delimitação da pesquisa**

A pesquisa foi realizada no âmbito da SESA, que é um órgão pertencente à Administração Pública do Governo do Estado do Espírito Santo. Atualmente, a SESA é composta por vinte hospitais estaduais e quatro centros regionais de especialidades de serviços médicos. A distribuição geográfica das unidades é apresentada na Figura 12.



Figura11 – Distribuição geográfica das unidades pertencentes à SESA.

## Hospitais Estaduais, CRE's e CCEE's

### Norte

- 01 H. E. Dr. Rita de Cássia
- 02 H. E. Roberto Amizaut Silvaras
- 03 CRE São Mateus
- 04 CCEE Nova Venécia

### Central

- 05 H. E. João dos Santos Neves
- 06 H. E. e Maternidade Silvio Avidos
- 07 CRE Colatina
- 08 CCEE Linhares

### Metropolitana

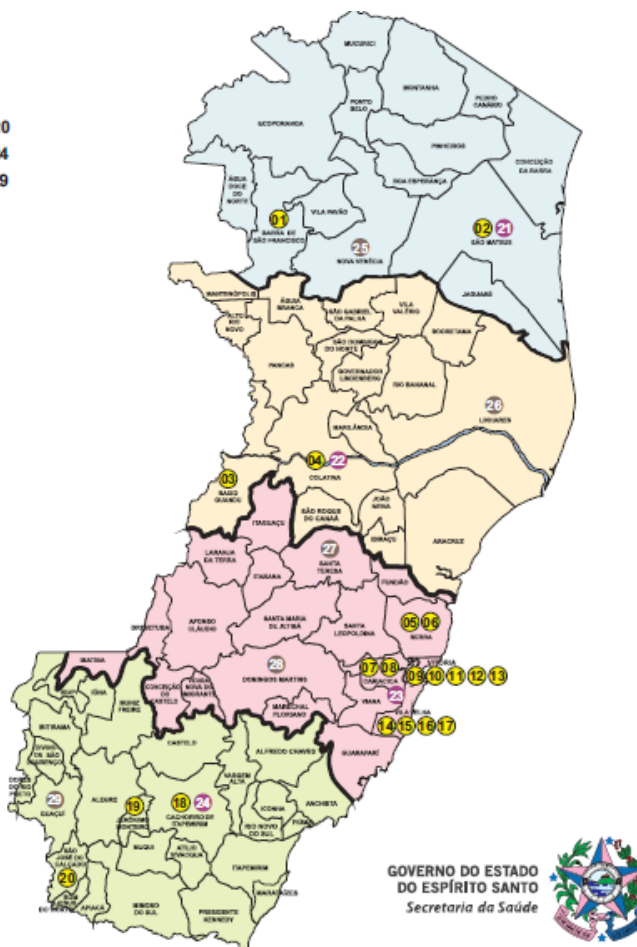
- 09 H. E. Dório Silva
- 10 H. E. Dr. Jayme Santos Neves
- 11 H. E. Atengão Clínica
- 12 H. E. Pedro Fortes
- 13 H. E. São Lucas
- 14 H. E. Infantil N. Sr. da Glória
- 15 H. E. Central
- 16 CREFES
- 17 Hospital de Polícia Militar - HPM
- 18 H. E. Antônio Bezerra de Faria
- 19 H. E. Infantil e Maternidade Azir Bernardino Alves
- 20 H. E. de Vila Velha
- 21 H. E. de Urgência e Emergência
- 22 CRE Metropolitana
- 23 CCEE Santa Teresa
- 24 CCEE Domingos Martins

### Sul

- 25 CAPAAC
- 26 Unidade Integrada Jerônimo Monteiro
- 27 H. E. São José do Calçado
- 28 CRE Cachoeira
- 29 CCEE Guaguá

### Legendas

- Hospitais Estaduais - 01 a 20
- CRE's - 21 a 24
- CCEE's - 25 a 29



Fonte: SESA, 2016.

A decisão de escolha da SESA como cenário de estudo foi tomada considerando os seguintes fatos:

A pesquisa foi realizada na esfera de um programa de Mestrado Profissional que, de acordo com a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), tem o objetivo de contribuir com o setor produtivo nacional no sentido de agregar um nível maior de competitividade e produtividade a empresas e organizações, sejam elas públicas ou privadas;

Os dados e informações utilizados na pesquisa são de domínio público, não havendo, desta forma, restrições de sigilo ou ética quanto à publicação;

A autora é servidora do órgão estudado e possui acesso às bases de dados, rotinas, procedimentos e pessoas necessários para o desenvolvimento da

pesquisa;

A esfera pública, especialmente na área de gerenciamento e mineração de processos, carece de considerações organizacionais na concepção de suas políticas, estrutura e procedimentos.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O alcance do objetivo proposto neste trabalho é disposto sequencialmente, seguindo a cronologia de aplicação dos métodos selecionados para o cumprimento dos objetivos específicos. Os métodos foram aplicados no ambiente de estudo na seguinte ordem: primeiro, os dados dos logs de eventos, coletados a partir do banco de dados de um Sistema de Informação, relativos aos processos de Avaliação de Estágio Probatório (AEP) e de Contratação por Designação Temporária (CDT), foram submetidos ao *process mining*. Em um segundo momento, o processo real, obtido a partir desta técnica, foi comparado com o processo oficial da instituição e os resultados foram apresentados. Assim, esta seção é estruturada com a seguinte disposição: i) identificação dos processos reais, a partir do *process mining*; ii) comparação entre os processos reais e os oficiais da instituição.

### 4.1. Utilização da ferramenta de Process Mining

Os dados brutos extraídos do Sistema de Informação utilizado na automação dos processos da SESA foram inseridos em uma planilha do Excel, para serem tratados antes de serem utilizados no software *ProM*. Os dados desnecessários à análise foram excluídos, mantendo-se apenas os seguintes: Instância do processo (Caso), Atividade (Evento) e Data/hora do evento (*Timestamp*). Além disso, os processos não finalizados no período considerado, foram excluídos.

Após terem sido importados para a ferramenta de *process mining*, os dados foram convertidos para o formato “.xes”, que é o formato XML padrão da ferramenta.

O software *ProM* é uma caixa de ferramentas, composta por vários algoritmos, desenvolvidos para permitir a realização de diversas formas de mineração de processos, tais como:  $\alpha$ -algorithm, *Mine configured process tree with ETMC*, *Mine for a Fuzzy Model*, *Mine for a Handover-of-work social network*, *Mining for a heuristic net using heuristics miner*, *Mine for a Petri Net using ILP*, dentre outros.

Para a seleção do algoritmo utilizado no presente trabalho, foi realizado um levantamento na literatura, para análise dos algoritmos mais utilizados na mineração de processos. Em seguida, foram realizados testes para avaliação de qual deles traria uma melhor representação gráfica, que atendesse aos objetivos estabelecidos. Os algoritmos de maior representatividade, encontrados no meio acadêmico, foram o  *$\alpha$ -algorithm*, o *Heuristic Miner* e o *Fuzzy Miner*. O primeiro, apesar de ser considerado uma das mais substanciais técnicas no campo da mineração de processos, é sensível a ruídos e a logs incompletos (WEERDT, 2012), motivo pelo qual não foi selecionado para a presente pesquisa. Com a exclusão do  *$\alpha$ -algorithm*, foram então realizados testes com o *Heuristic Miner* e o *Fuzzy Miner*. Os resultados encontrados na utilização do algoritmo *Mining for a heuristic net using heuristics miner*, a princípio, se adequavam aos objetivos da pesquisa, porém, ao se realizar a busca na literatura para subsidiar a interpretação do modelo gerado, não foram encontrados resultados que pudessem ser utilizados nas representações gráficas do presente trabalho. Por outro lado, os resultados encontrados na utilização do algoritmo *Fuzzy Miner* se adequavam aos objetivos do estudo, e a representação gráfica do modelo *Fuzzy* obtido, pôde ser utilizada na pesquisa sem problemas de interpretação. Por esse motivo, o algoritmo selecionado para a análise dos dados foi o *Fuzzy Miner*.

O minerador *Fuzzy* objetiva estruturar processos com pouca ou nenhuma estruturação, através de uma abstração comumente utilizada em cartografia. Mapas permitem agregar informação em *clusters*, combinando, por exemplo, ruas e casas como uma cidade completa. Informações insignificantes para o contexto escolhido são escondidas, enquanto informações importantes são enfatizadas através de dicas visuais como cores e tamanho diferentes. Assim, ruas insignificantes aparecem de forma tênue, tornando-se quase imperceptíveis no mapa, ou, às vezes, nem aparecem no mesmo. Em contrapartida, as vias mais importantes, aparecem de forma robusta, apresentando-se de maneira bem evidente. Cada mapa é customizado para o seu contexto, dependendo do nível de detalhes exigido, de seu contexto e de seu objetivo (VAN DER AALST, 2007).

A cartografia permite uma análise mais simplificada, em ambientes de topologias complexas. Van Der Aalst (2007) evidencia, assim, alguns conceitos importantes, tais como:

- **Agregação:** que objetiva limitar o número de itens de informação. Os mapas geralmente mostram conjuntos coerentes de informações com baixos níveis de detalhes de forma agregada. Exemplos são cidades em mapas rodoviários, onde casas e ruas particulares são combinadas dentro da cidade.
- **Abstração:** que objetiva abstrair informações de nível inferior, que são insignificantes. Exemplos são caminhos de bicicleta, que não são importantes no mapa de um motorista.
- **Ênfase:** que objetiva destacar informações mais relevantes por meios visuais como cor, contraste, saturação e tamanho. Exemplos são estradas importantes, em mapas, que são exibidas com linhas mais espessas, mais coloridas e com contrastes.
- **Personalização:** que demonstra que não há um único mapa para o mundo. Os mapas possuem um nível específico de detalhes, com um propósito específico, dependendo do contexto que estão inseridos e do objetivo para o qual foram elaborados. Exemplos de personalização são as diferentes topografias de mapas rodoviários em relação a mapas de cidades.

A Figura 12 mostra esses conceitos na cartografia.

Figura 12 – Conceitos de agregação, abstração, ênfase e personalização.



Fonte: Adaptado de Van Der Aalst (2007).

A técnica de mineração, a partir do *Fuzzy Miner*, utiliza duas métricas básicas: a **significância** das atividades e dos fluxos entre elas; e a **correlação** entre atividades.

A significância identifica a importância do comportamento no processo, e mede, por exemplo, a frequência dos eventos. Assim, eventos de maior frequência são considerados mais significativos, enquanto que os de menor frequência são

considerados menos significativos. Em relação a esse atributo, no que se refere à sua representação gráfica, observa-se que cada atividade, representada por retângulos, possui um número em seu interior. Tal número representa o grau de significância de cada atividade, e sua escala varia de 0 (zero) a 1 (um), onde zero representa, a menor frequência e/ou significância da(s) atividade(s), e, um, a maior frequência e/ou significância das mesmas.

A correlação, por outro lado, é apenas relevante para a análise da relação entre os eventos. Ela mede o quão estreitamente relacionados estão dois eventos, medindo, por exemplo, o grau de sobreposição de atributos dos eventos ou a proximidade entre seus nomes.

Com base nessas duas métricas, a abordagem do minerador pode ser resumida da seguinte forma (VAN DER AALST, 2007):

- Comportamentos muito significantes são preservados;
- Comportamentos pouco significantes, mas altamente correlacionados, são agregados em *clusters*;
- Comportamentos pouco significantes e pouco correlacionados são removidos do modelo.

No contexto da aglomeração de atividades em *clusters*, portanto, a ferramenta permite a junção das atividades conforme classificação acima demonstrada, de forma a produzir um modelo mais conciso, que mostre apenas os eventos de maior representatividade ou que estão muito correlacionados entre si.

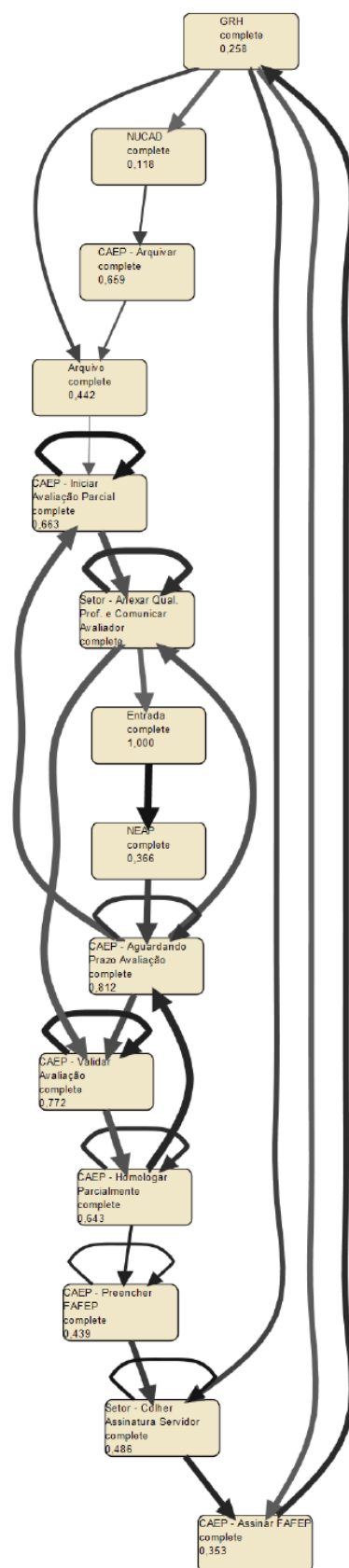
## **4.2. Processo de Avaliação de Estágio Probatório – AEP**

No recorte temporal do estudo, foram selecionadas 779 instâncias do processo de Avaliação de Estágio Probatório, aqui chamadas de casos, para a análise empreendida. Este conjunto de casos foi submetido ao *process mining*, utilizando-se o algoritmo *Fuzzy Miner*.

O primeiro resultado obtido a partir do uso da técnica de *process mining* foi a descoberta automática do processo. Após a importação dos dados do arquivo para a

ferramenta e seleção do algoritmo, obteve-se o modelo do processo. A Figura 13 apresenta o modelo obtido pelo *process mining*.

Figura 13 – Processo real obtido a partir do algoritmo *Fuzzy Miner*.



Fonte: PRO M

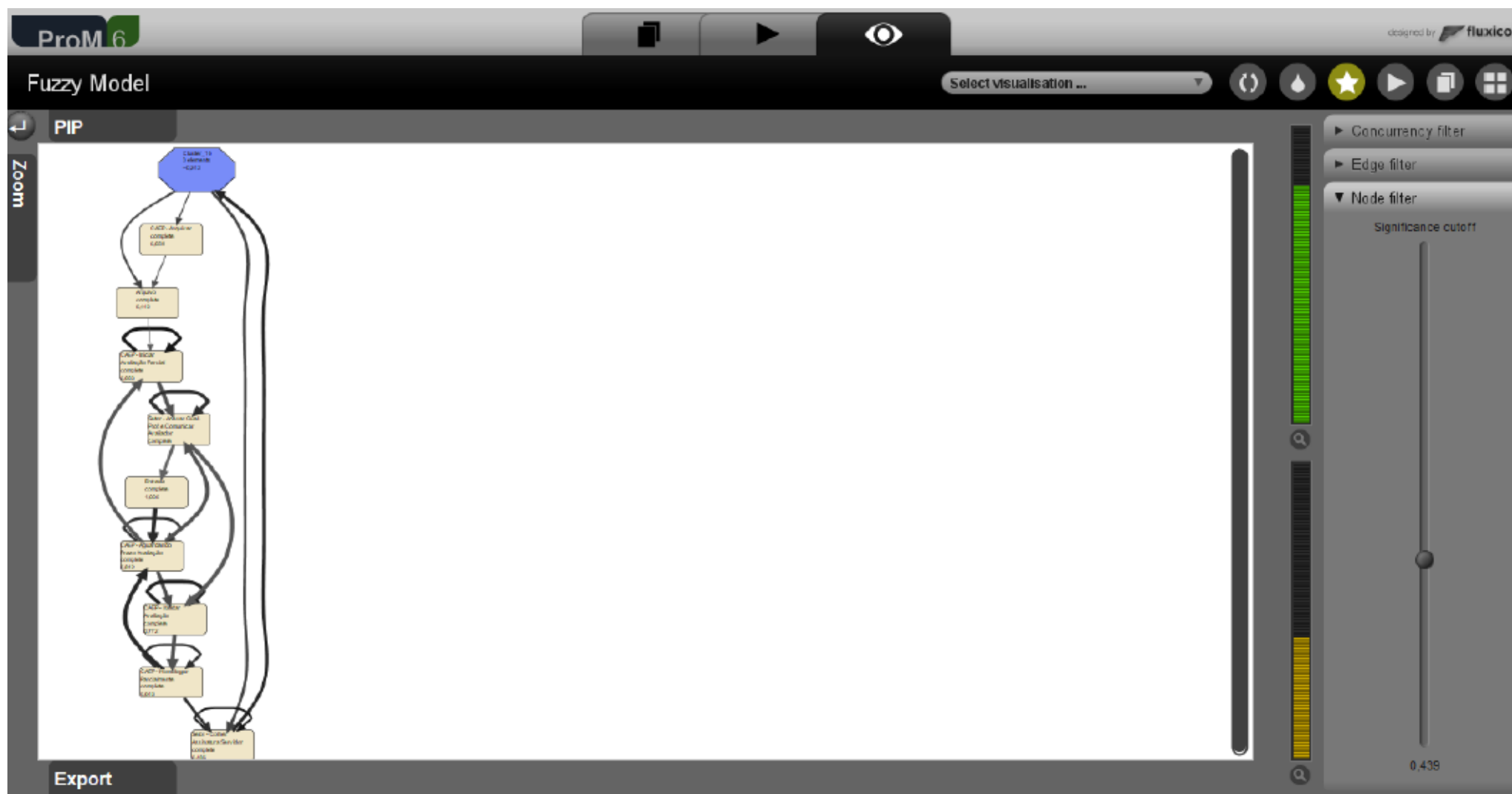


A Figura 13 representa, então, a primeira função do *process mining*, ou seja, a descoberta de como o processo é executado, na prática.

Além da representação da realidade, a formatação gráfica do processo pelo algoritmo selecionado permite a análise do grau de significância/frequência das atividades no processo, que varia do grau “1” ao grau “0”, em ordem decrescente de significância. Nessa situação, observa-se que “entrada completa” é o evento de maior significância do processo, com grau “1”, e “NUCAD” a atividade de menor significância, com grau “0,118”. Além disso, é possível analisar a espessura das linhas, que representa a frequência dos percursos entre as atividades.

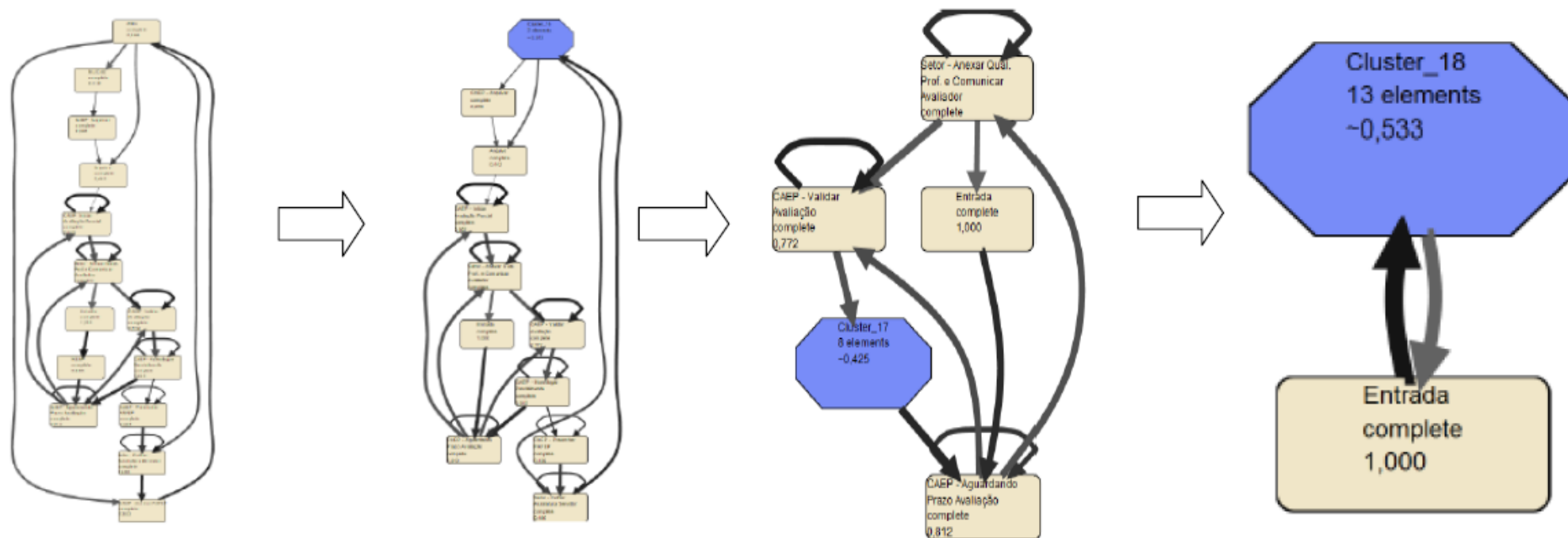
O algoritmo possui também uma funcionalidade que permite a alteração da granularidade com que se deseja que o processo seja visualizado, em função da necessidade e objetivo da análise. Assim, ao se alterar essa funcionalidade, o processo varia a sua apresentação, de forma a demonstrar todas as atividades ou a aglomeração de algumas atividades em unidades agrupadas, chamadas *clusters*. A Figura 14 demonstra essa função: à esquerda aparece o modelo do processo e à direita encontra-se um painel de configuração, para a alteração de parâmetros. Ao definir um valor para o limiar, pode-se determinar o grau de detalhamento do processo na exibição do modelo. Assim, ao alterar a barra de rolamento à direita, pode-se alterar a visão do processo, que varia desde sua totalidade, até sua menor unidade, com agrupamento em *clusters*, a depender da necessidade e do objetivo da análise.

A Figura 15 ilustra a alteração que ocorre na representação do modelo do processo à medida que se altera o limite de significância, partindo do modelo do processo em sua totalidade, e, de forma gradual, a aglomeração em *clusters*, até chegar à sua menor unidade.

Figura 14 – Tela de resultado do algoritmo *Fuzzy Miner*.

Fonte: Print Screen do PROM.

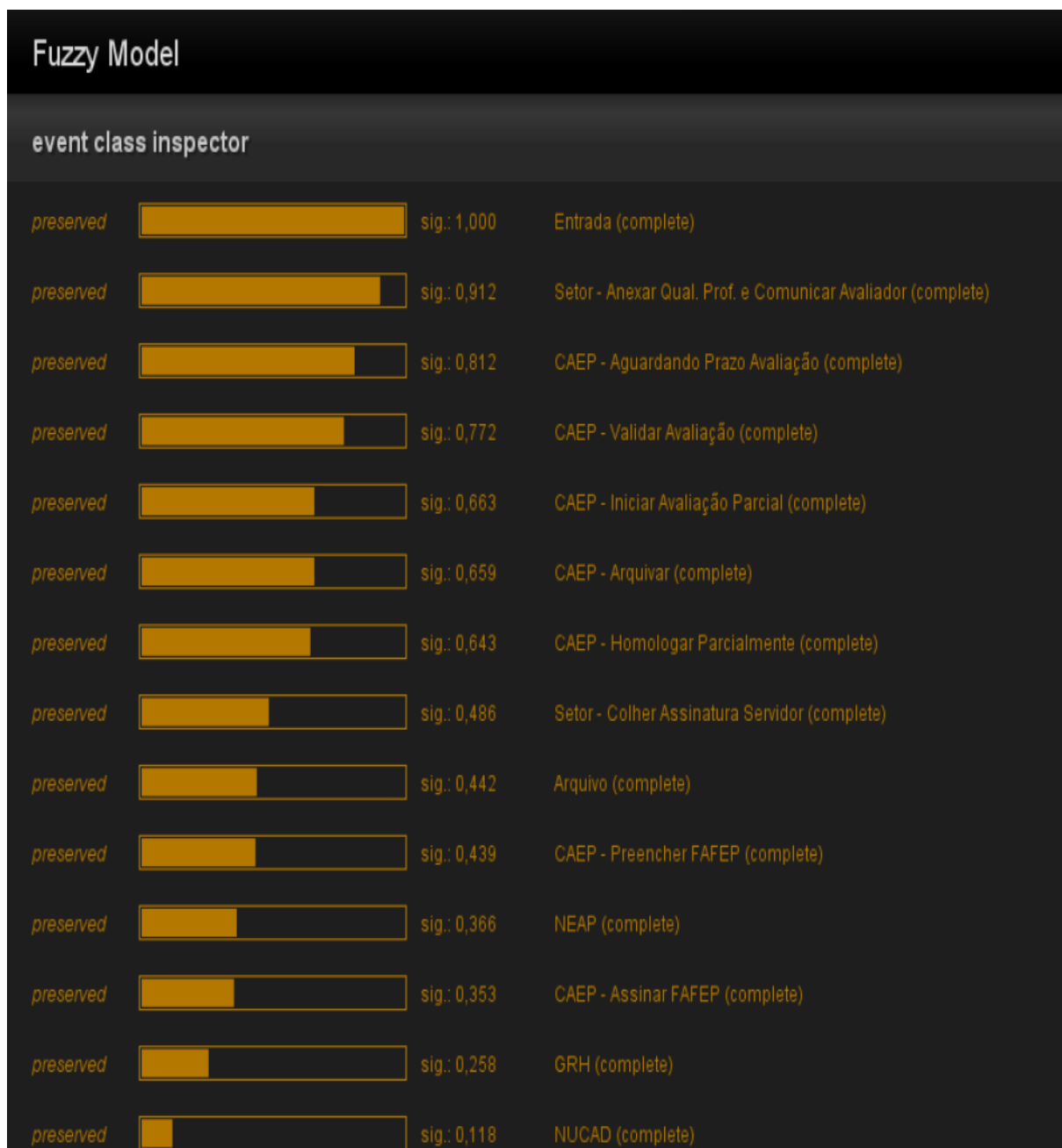
Figura 15 – Influência da alteração do limite de significância no grau de agregação dos eventos do processo.



Fonte: Elaborado pela autora.

O algoritmo possibilita também outra forma de representação do grau de significância dos eventos do processo, mostrada na Figura 16.

Figura 16 – Escala demonstrativa do grau de significância das atividades do processo de AEP.

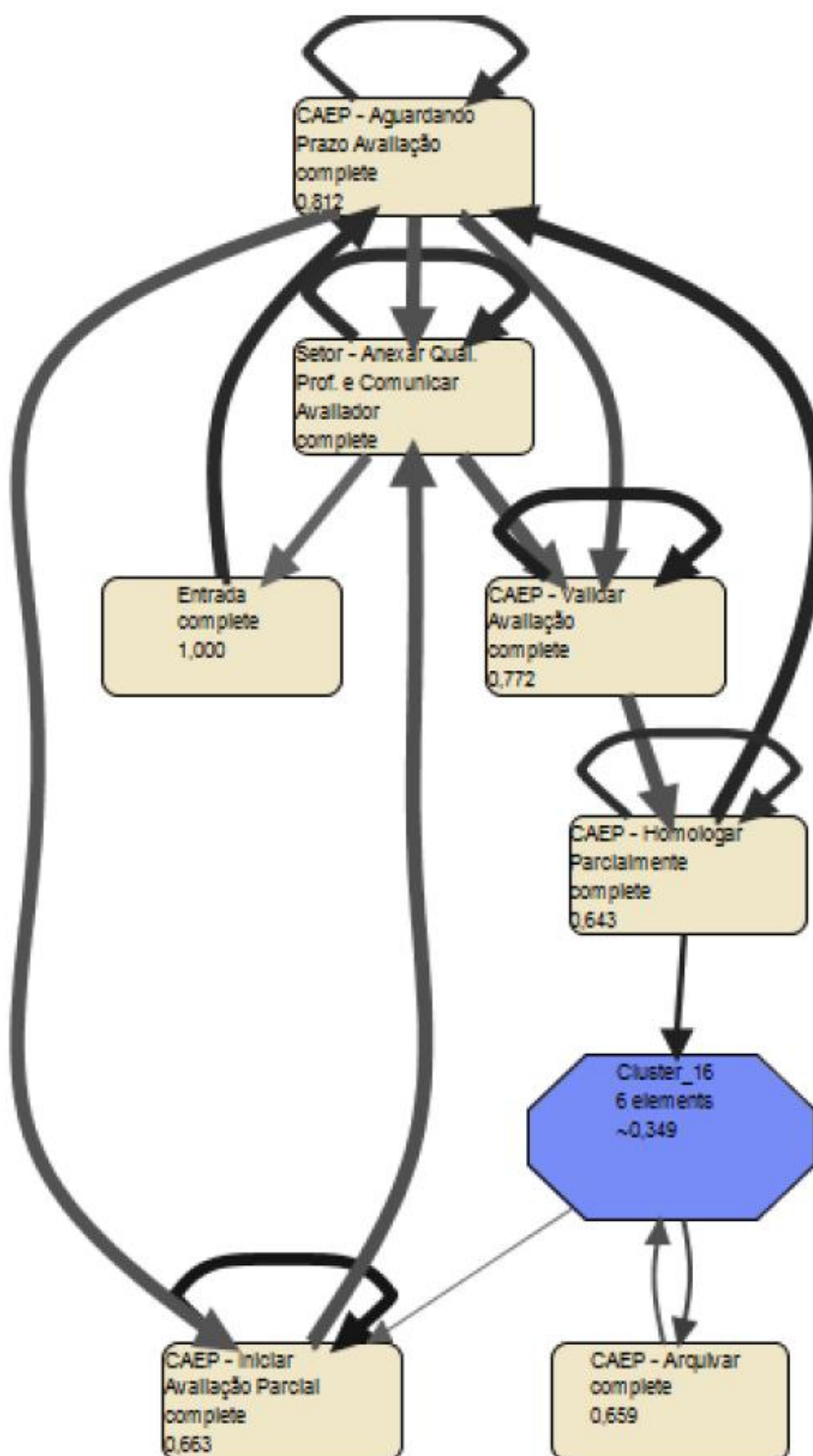


Fonte: Print Screen do PRO M.

Considerando-se a aglomeração de atividades, o modelo apresentado na Figura 17 possui um *cluster* formado por 6 elementos de menor significância. O número 0,349 do elemento octogonal representa a média da significância de todas as atividades contidas na junção. A ferramenta permite que atividades sejam aglomeradas em maior ou menor quantidade, a depender da finalidade da análise pretendida. Neste

caso, ocorreu a exclusão da atividade “NEAP” e a formação de um *cluster* com a junção das atividades: (a) “Colher assinatura do servidor”, (b) “Arquivo”, (c) “CAEP - preencher FAFEP”, (d) “CAEP – assinar FAFEP”, (e) “GRH”, e (f) “NUCAD”.

Figura 17 – Aglomeração de atividades em *cluster*.



Fonte: PRO M.

Na outra forma de visualização da ferramenta (Figura 18), as atividades que foram aglomeradas em *cluster* aparecem em verde, a atividade que foi removida está representada em vermelho e as atividades que permaneceram no processo estão mostradas em amarelo.

Figura 18 – Escala de significância com atividades removidas do modelo e aglomeradas em *clusters*.



Fonte: Print Screen do PRO M.

A exclusão de atividades de menor significância e/ou frequência no processo pode trazer benefícios aos procedimentos de auditoria. A auditoria operacional busca realizar conferências se os processos executados na prática estão de acordo com as normas procedimentais. Ocorre que, algumas atividades, de menor importância podem não ser essenciais à legalidade do processo. No caso em questão, a atividade “NEAP” ou “Criar processo” talvez não traga ilegalidade ao processo, visto que pode acontecer que o procedimento ocorra em um processo administrativo já existente, não havendo a necessidade da criação de um processo exclusivo para o ato de avaliação de desempenho. Assim, tal atividade pode ser suprimida, sem

grandes prejuízos à realização das demais atividades, que são essenciais à legalidade do trâmite.

Outro exemplo a ser evidenciado é o arquivamento do processo. O evento “Arquivo”, ou “Arquivamento”, é uma atividade que ocorre após a conclusão do processo, quando não há mais nenhuma outra atividade a ser executada. Ocorre que, caso o processo não seja arquivado, ou seja, caso a atividade “Arquivo” não seja executada, nenhum prejuízo ocorre no processo e o mesmo continua tendo validade jurídica. Em outras palavras, “Arquivo” é uma atividade que pode ser considerada desnecessária, cuja ausência não interfere na legalidade do trâmite.

Nesses casos, se a auditoria operacional objetivar avaliar especificamente a legalidade do processo, a supressão de algumas atividades, como “Criar processo” e “Arquivo”, além de não trazer prejuízos à auditoria, pode beneficiá-la, visto que trará agilidade ao procedimento.

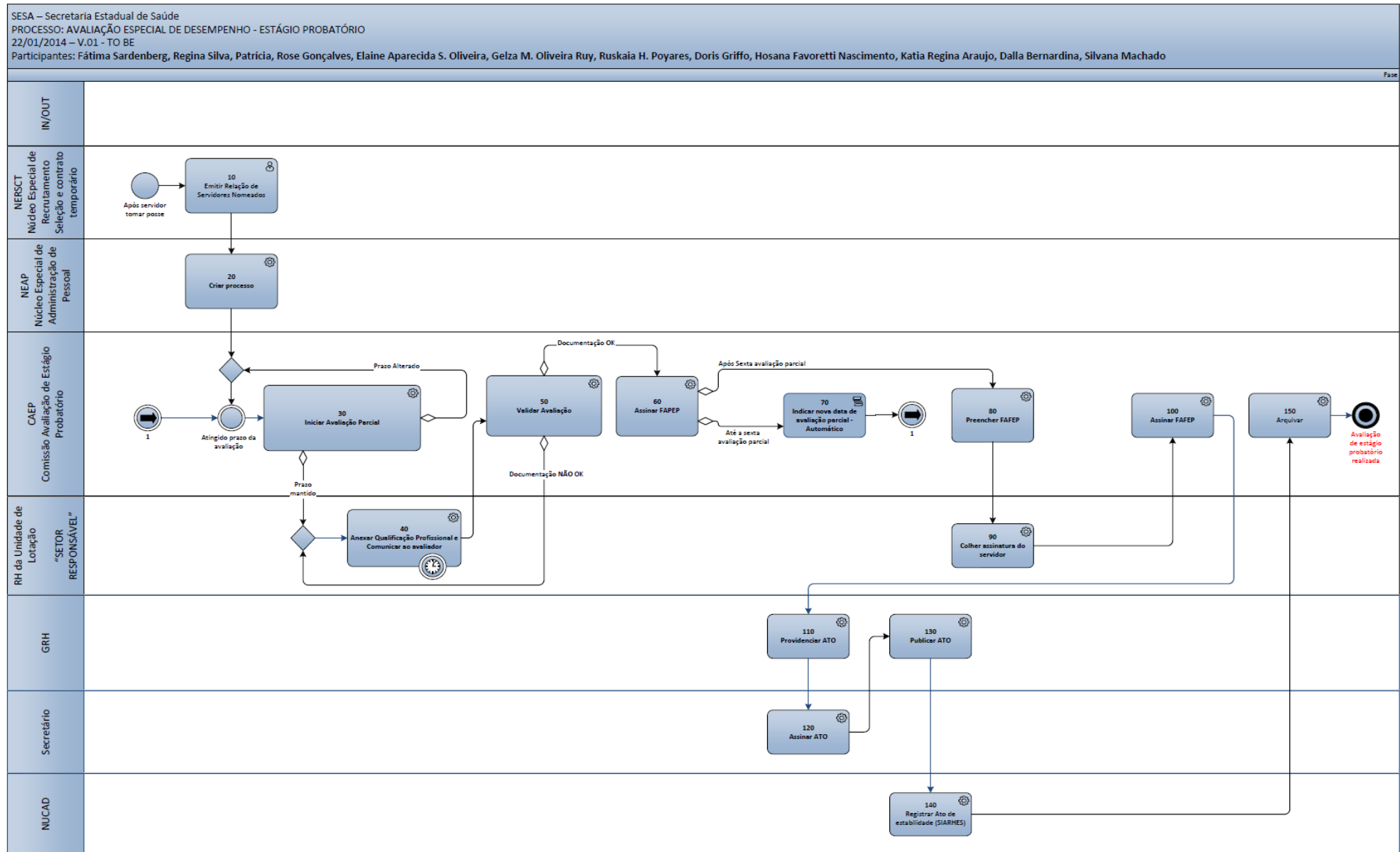
Ante ao exposto, fica evidente que a funcionalidade de agrupar atividades de menor significância e/ou frequência, a depender da situação, pode trazer vantagens à auditoria, visto que a mesma pode tornar-se mais eficiente, ao analisar apenas as atividades essenciais à legalidade do trâmite. Tal funcionalidade pode trazer eficiência aos procedimentos de auditoria.

### **4.3. Comparação entre o processo de AEP real e o oficial da instituição**

Após submeter os dados de *log* do processo de AEP às técnicas do *process mining*, para descoberta do modelo real do processo, ou seja, identificação do processo executado na prática, foi realizada a comparação entre o processo real e o oficial da instituição.

A Figura 19 apresenta o processo oficial de AEP da instituição, elaborado pelo método de BPMN.

Figura 19 – Processo oficial de AEP da SESA.





Ao se comparar o processo real com o processo oficial, foram observadas as seguintes situações:

- a. A atividade “Entrada” representa a entrada do processo no sistema de informação. Por esse motivo a mesma ocorreu em 100% dos casos. Tal situação encontra-se de acordo com o processo oficial.
- b. As atividades “Anexar qualificação profissional e comunicar ao avaliador”, “Validar avaliação”, “Iniciar avaliação parcial” e “Assinar FAFEP” tiveram um grau de significância, respectivamente, de 0,912, 0,772, 0,663 e 0,353, indicando que a primeira atividade teve maior frequência e a última menor frequência. Nenhuma das atividades foi executada em 100% dos casos.

A pontuação do servidor, nas avaliações parciais, depende, além de outros requisitos, da quantidade de títulos e capacitações que o mesmo realizou no período analisado. Assim, a ausência da atividade “Anexar qualificação profissional e comunicar ao avaliador”, ou seja, a não anexação de capacitações profissionais possivelmente impactará negativamente na avaliação de desempenho do servidor.

Além disso, para que um ato administrativo tenha validade, o mesmo precisa ser completo. Observa-se que não houve validação da avaliação pela CAEP em todos os casos.

A nota do servidor é construída a partir da média das avaliações parciais de desempenho. Assim, a ausência da atividade “Iniciar avaliação parcial”, indicando que uma avaliação parcial não tenha sido elaborada, além de também trazer ilegalidade ao ato, pode prejudicar a pontuação do servidor.

- c. As atividades “Preencher FAFEP”, “Colher assinatura do servidor”, “GRH” e “NUCAD” tiveram um grau de significância, respectivamente, de 0,439, 0,486, 0,258, e 0,118. Esse resultado representa que a segunda atividade teve maior frequência e a última menor frequência.

Durante o período de estágio probatório do servidor, que corresponde a três anos de efetivo exercício, a partir do momento em que o mesmo inicia o exercício na Administração Pública, ocorrem, no mínimo, seis avaliações parciais de desempenho, uma a cada seis meses. Após a sexta avaliação parcial é que surgem as atividades “Preencher FAFEP” “Colher assinatura

do servidor”, “GRH” e “NUCAD”. Assim, o fato dessas últimas atividades estarem numa relação de frequência mais baixa em relação às demais atividades pode ocorrer em função das mesmas estarem fora do recorte temporal da amostra utilizada no presente estudo, que correspondeu ao período de julho de 2014 a dezembro de 2015. Em outras palavras, as atividades de baixa frequência só participam dos últimos seis meses, em relação ao período de três anos que integra o estágio probatório. Se, na amostra, houve pouca representação dos últimos seis meses de estágio probatório, justifica-se a baixa frequência das referidas atividades.

- d. As atividades “Providenciar Ato”, “Publicar Ato” e “Registrar ato de estabilidade” encontram-se no modelo de BPMN, mas não foram identificadas na mineração de processos.

Observa-se, nesse caso, uma diferença entre o processo modelado no BPMN e o processo identificado no *ProM*. Por exemplo, enquanto no BPMN, existem as atividades “Providenciar Ato” e “Publicar Ato”, no *ProM*, tais atividades foram substituídas pelo local institucional “GRH”. Além disso, no BPMN existe a atividade “Registrar ato de estabilidade”, enquanto no *ProM* tal atividade foi substituída por “NUCAD”. Isso se deve à utilização das nomenclaturas “GRH” e “NUCAD” no sistema de informação, no momento de sua configuração, ao invés da utilização dos nomes das referidas atividades. Dessa forma, observa-se uma correspondência entre as atividades existentes no modelo BPMN e os locais institucionais que aparecem no process mining. A falta de padronização entre as nomenclaturas utilizadas nos processos modelados no BPMN e as existentes no sistema de informação representa uma limitação à auditoria, podendo tornar prejudicada a análise do referido procedimento.

- e. A atividade “Assinar ato”, pelo Secretário, não foi identificada em nenhum caso.

A referida atividade não foi identificada no modelo obtido através do process mining. Embora tal atividade pudesse ter sido substituída pelo local institucional, como observado nas atividades do item anterior, o mesmo não aconteceu, pois não foi encontrado o local institucional “Secretário” demonstrado no BPMN, nem a própria atividade “Assinar ato”.

A atividade é imprescindível para a legalidade do ato, pois garante a validade da avaliação de desempenho pela autoridade competente.

O processo de Avaliação de Estágio Probatório é composto por atividades essenciais, cuja ausência gera ilegalidade do ato, e por atividades não essenciais, cuja ausência não gera ilegalidade do ato. As atividades “Criar processo” e “Arquivo” são atividades não essenciais. Assim, as suas ausências no modelo obtido pelo *process mining* não evidenciaram ilegalidade.

Porém, as atividades de “Iniciar avaliação parcial”, “Anexar avaliação profissional e comunicar ao avaliador”, “Validar avaliação”, “Assinar FAFEP”, “Preencher FAFEP”, “Colher assinatura do servidor”, “Assinar ato”, “Publicar ato”, “Registrar ato de estabilidade (SIARHES)” são atividades essenciais ao ato. Assim, as mesmas deveriam ter ocorrido em todas as instâncias. A ausência das mesmas gera ilegalidade do ato, devendo o mesmo ser anulado e novamente realizado pelo administrador. Além disso, a ausência de alguma atividade pode gerar prejuízo ao servidor, visto que a sua nota de avaliação pode ser reduzida.

Considerando-se a ausência de algumas atividades essenciais à legalidade do ato, como “Assinar ato”, foi realizada uma verificação manual da ocorrência das mesmas no Sistema de Informação utilizado na SESA. Foi possível constatar que os documentos de comprovação da realização da referida atividade encontravam-se na pasta virtual de cada instância de processo. Em entrevista com os responsáveis pelo processo, foi identificado que a instituição não disponibiliza assinatura eletrônica para as pessoas envolvidas no processo. Assim, na atividade “Assinar ato”, que envolve a assinatura de um documento, esta é realizada de forma manual e, em seguida, o documento é digitalizado e inserido no sistema. Como a atividade é realizada de forma manual, fora do sistema, não há registro no *log* de eventos e, conseqüentemente, o *process mining* não a identificou.

A atenção para providências de verificação manual de atividades essenciais ao processo deve ser considerada nos procedimentos de auditoria, e é essencial para sua eficácia, visto que a ausência da referido procedimento manual traria resultados errôneos à auditoria, de forma a evidenciar que haveria ilegalidade nos processos analisados. Assim, a falta de atenção para as limitações provenientes da técnica do *mining* e a ausência de um refinamento a partir de técnicas manuais pode tornar prejudicada os resultados de auditoria.

A próxima seção demonstrará a auditoria realizada no processo de Contratação por Designação Temporária (CDT). Considerando-se que os esclarecimentos em relação às funcionalidades do algoritmo utilizado já foram realizados no processo de AEP, para o CDT não será realizada a referida abordagem. Assim, serão apresentados diretamente os resultados da auditoria no processo.

#### **4.4. Processo de Contratação por Designação Temporária – CDT**

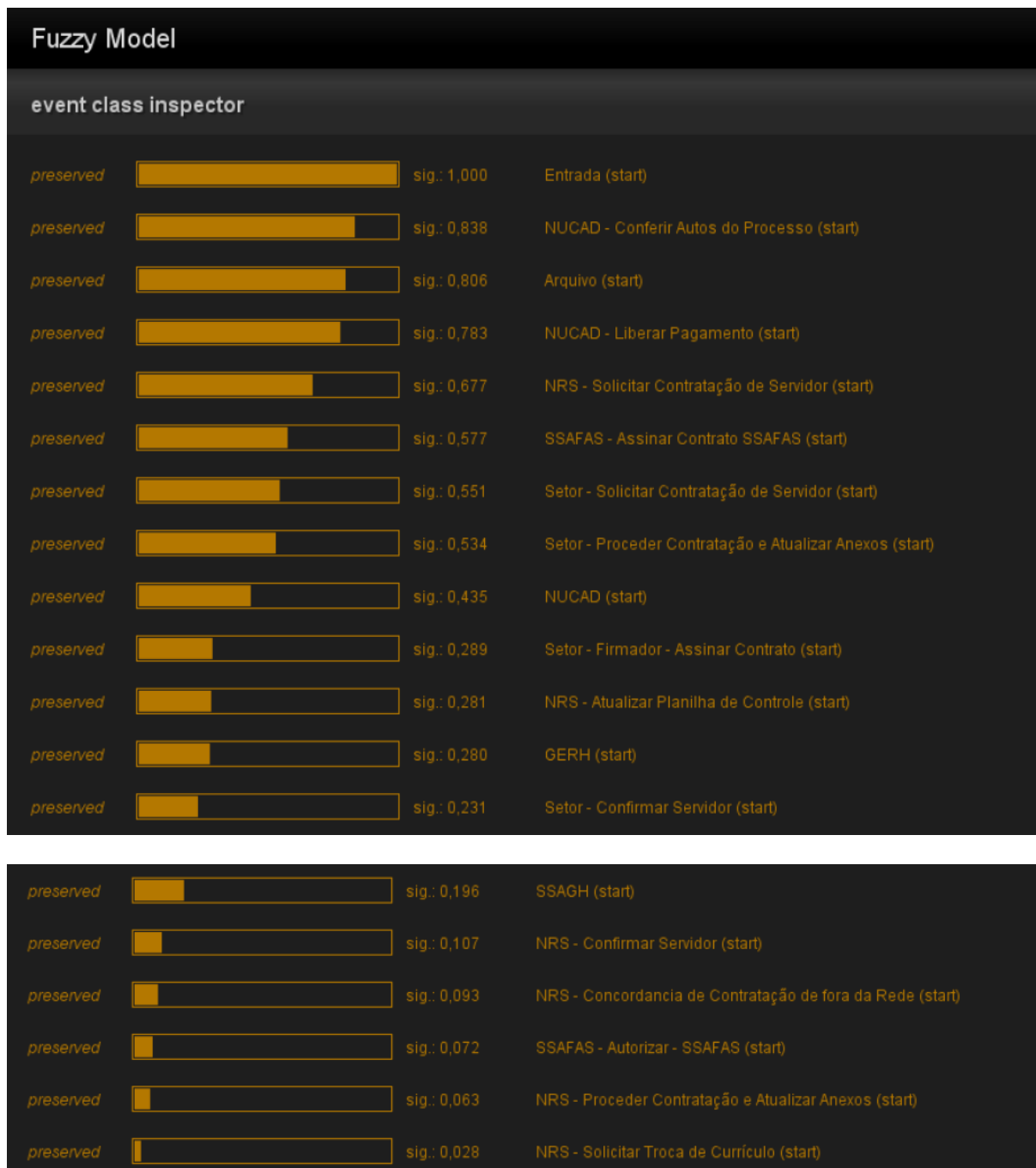
No recorte temporal do estudo, foram selecionadas 3.214 instâncias do processo de Contratação por Designação Temporária, aqui chamadas de casos, para a análise da presente pesquisa. Este conjunto de casos foi submetido ao *process mining*, utilizando-se o algoritmo *Fuzzy Miner*.

O primeiro resultado obtido a partir do uso da técnica de *process mining* foi a descoberta automática do processo. Após a importação dos dados do arquivo para a ferramenta e seleção do algoritmo, obteve-se o modelo do processo. A Figura 20 apresenta o modelo obtido pelo *process mining*.



A Figura 21 apresenta o grau de significância das atividades envolvidas no processo de CDT.

Figura 21 – Escala demonstrativa do grau de significância das atividades do processo de CDT.



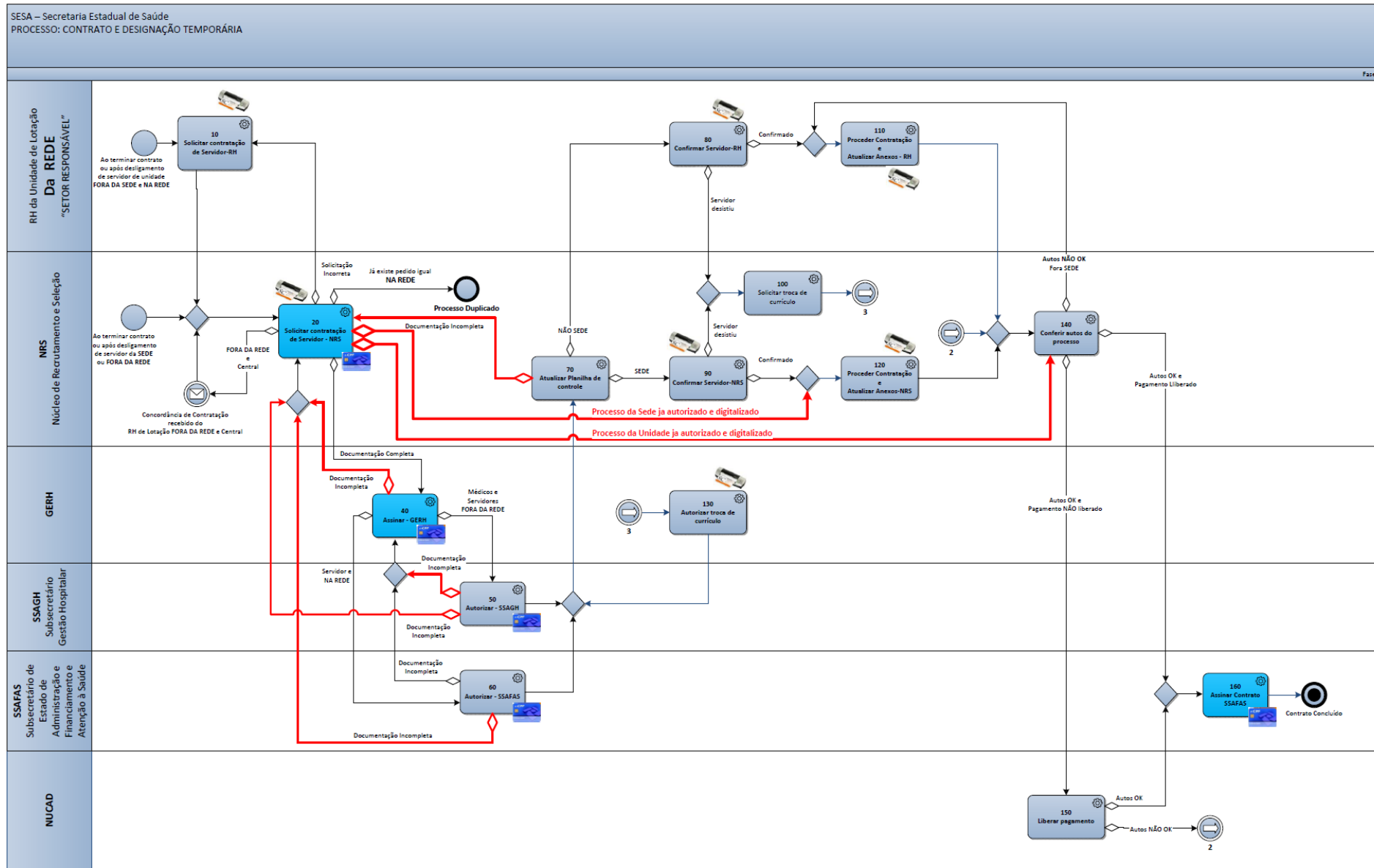
Fonte: Print Screen do PRO M.

#### **4.5. Comparação entre o processo de CDT real e o oficial da instituição**

Após submeter os dados do processo às técnicas do *process mining*, para identificação do real processo, ou seja, identificação do processo executado, na prática, foi realizada a comparação entre o processo real e o oficial da instituição.

A Figura 22 apresenta o processo oficial de CDT da instituição, elaborado pelo método BPMN.

Figura 22 – Processo oficial de CDT da SESA.



Fonte: SESA, 2016.



Ao realizar a comparação entre o processo real e o processo oficial, foram observadas as seguintes situações:

- a. A atividade “Entrada” representa a entrada do processo no sistema de informação. Por esse motivo a mesma ocorreu em 100% dos casos. Tal situação encontra-se de acordo com o processo oficial.
- b. As atividades “Assinar GRH” e “Autorizar SSAGH” encontram-se no modelo em BPMN, mas não foram encontradas no *process mining*. Há, nesse último, apenas os lugares institucionais “GRH” e “SSAGH”, o que pode indicar que as referidas atividades estão com nomenclaturas diferentes.

Além disso, no *process mining*, existem as atividades “NUCAD” e “Liberar pagamento”, enquanto no modelo, em BPMN, “NUCAD” é um lugar institucional e “Liberar pagamento” é uma atividade existente nesse setor. Observa-se, dessa forma, uma falta de padronização entre as nomenclaturas de atividades e de locais setoriais, os quais se confundem quando se analisa o modelo em BPMN e o modelo obtido no *process mining*.

- c. As atividades “NRS - Solicitar contratação de servidor”, “Setor - Solicitar contratação de servidor”, “Proceder contratação e atualizar anexos” e “Solicitar troca de currículo”, tiveram um grau de significância, respectivamente, de 0,677, 0,063 e 0,028.

Algumas dessas atividades são essenciais à formalização da contratação e deveriam estar contempladas em 100% dos casos.

Em entrevista com os responsáveis pelo processo, foi identificado que o processo de CDT pode durar dois anos ou mais, a depender da quantidade de prorrogações dos contratos. O fato da atividade “Solicitar troca de currículo” - que só é uma das últimas do processo, e só é realizada com o desligamento do servidor - estar numa relação de frequência mais baixa em relação às demais atividades, pode ocorrer em função da mesma estar fora do recorte temporal da amostra utilizada no presente estudo, que correspondeu ao período de julho de 2014 a dezembro de 2015. Se o servidor teve a duração da contratação por designação temporária, por dois anos ou mais, essa atividade pode ter tido pouca ou nenhuma frequência no recorte do estudo.

A atenção para providências de verificação manual de atividades do processo, como a entrevista, por exemplo, deve ser considerada nos procedimentos de auditoria, e é essencial para sua eficácia, visto que a ausência da referido procedimento manual traria resultados errôneos à auditoria, de forma a evidenciar que haveria distorções nos processos analisados.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresentou a aplicação de técnicas de mineração de processos para auditoria em processos governamentais, executados no âmbito da Secretaria de Estado de Saúde no Espírito Santo. A estrutura necessária para viabilizar essa aplicação foi concebida a partir de técnicas de mineração de processos encontradas na literatura, e com a utilização de uma ferramenta de *process mining*, amplamente utilizada no meio acadêmico.

Observou-se a presença de funcionalidades do *ProM*, que possuíam simbologias e números, cuja interpretação foi encontrada na literatura, mas os resultados do presente trabalho destoavam das interpretações acadêmicas encontradas. Tal fato impediu a utilização desses algoritmos, como opção de seleção para a análise do presente trabalho.

No que se refere à leitura dos fatos e dos dados encontrados nos resultados, observa-se o seguinte:

- a) Em alguns casos, a nomenclatura utilizada para as atividades do processo no sistema de informação não é a mesma utilizada no modelo BPMN. Por exemplo, no sistema de informação foram utilizados como nome das atividades os locais institucionais, enquanto no modelo BPMN foram utilizados os nomes das próprias atividades. Tal fato pode ocasionar confusão na análise e fazer com que o profissional responsável pela interpretação dos dados tenha o trabalho de converter os termos utilizados, padronizando-os, de forma a ficarem iguais. Caso haja desatenção nesse procedimento, pode-se gerar uma interpretação errônea durante a auditoria. A falta de padronização entre as nomenclaturas utilizadas nos processos modelados no BPMN e as existentes no sistema de informação representa uma limitação à auditoria, podendo prejudicar a análise do referido procedimento.
- b) Às vezes, as atividades de pequena significância e/ou frequência podem se justificar pelo período temporal da amostra, como no exemplo desse

trabalho, os seis últimos meses de avaliação do estágio probatório. Também nesse caso, o profissional responsável pela interpretação dos dados deve estar atento para a leitura correta da situação, de forma a não confundir que a atividade está com baixa frequência porque simplesmente deixou de ser executada no processo ou porque efetivamente não deveria estar sendo executada no período de tempo analisado. Neste caso, a ampliação do período temporal utilizado para selecionar os dados de log para avaliação poderia minimizar o problema.

- c) O uso da funcionalidade de aglomeração de atividades de pequena significância ou não essenciais pode imprimir maior celeridade à análise da auditoria, pelo fato de desprezar essas atividades.
- d) Quanto aos prejuízos advindos das ilegalidades observadas, a ausência de determinadas atividades pode ter gerado a redução da nota de avaliação de desempenho do servidor avaliado.

No que diz respeito à comparação realizada entre os processos reais e oficiais da instituição, observou-se que os processos reais não estavam em estrita conformidade com os processos oficiais, pois algumas atividades estavam ausentes nos primeiros.

Nos processos analisados, algumas atividades não foram encontradas nos dados do arquivo de *log* e, conseqüentemente, não apareceram no modelo gerado através do *process mining*, como foi o caso da atividade de “Assinatura do Secretário”. Neste caso, foi necessário consultar os documentos das instâncias do processo diretamente no Sistema de Informação para a realização da auditoria. Isto demonstra que a técnica de *process mining* não basta por si só para realizar uma auditoria completa e precisa dos processos governamentais, mas pode ser utilizada como um método auxiliar, aliada a refinamentos com os métodos tradicionais de auditoria.

Embora existam limitações à técnica, observou-se que o *process mining* pode trazer melhorias ao processo de auditoria, já que permite contemplar todas as instâncias existentes dos processos, enquanto uma auditoria realizada sem essa metodologia não permitiria esse alcance, limitando-se a uma amostragem parcial dos processos. Além disso, a mesma possibilita o procedimento de forma mais célere, com

automação, com diminuição de possibilidade de erros e abordagens tendenciosas, provenientes das técnicas tradicionais de auditoria, que envolvem recursos manuais e/ou humanos.

Por fim, respeitando-se as limitações encontradas no procedimento, pode-se concluir pela possibilidade técnica de auditoria operacional de processos governamentais através do *process mining*, considerando-se, porém, a necessidade de trabalhos futuros que contribuam para o refinamento da auditoria, através do saneamento das dificuldades apontadas neste trabalho e outros óbices possivelmente existentes.

### **5.1. Recomendações para trabalhos futuros**

A verificação de conformidade ou auditoria foi realizada em processos governamentais utilizando-se o algoritmo *Fuzzy Miner*. No entanto, a ferramenta *ProM* dispõe de algoritmos com outras funcionalidades, e que apresentam outras representações gráficas. Considerando a relevância do tema, identifica-se uma oportunidade de pesquisa que objetive analisar os resultados de auditoria, utilizando-se outros algoritmos da ferramenta, comparando os resultados.

Além disso, na pesquisa, foi utilizado um sistema de informação com processos estruturados. Sabe-se que, na Secretaria de Estado da Saúde - SESA, há um sistema de informação denominado Sistema de Protocolo Eletrônico – SEP que contém inúmeros processos não estruturados. Nesse sentido, abre-se um importante viés de pesquisa sobre a descoberta e verificação de conformidade em processos não estruturados. Seus resultados poderiam revelar novos parâmetros para acompanhamento e monitoramento, de forma automática e mais célere, das normas oficiais, em processos executados na organização. Por fim, sugere-se a ampliação do trabalho realizado aos demais órgãos do Governo do Estado do Espírito Santo, ou mesmo sua aplicação em órgãos de outros Estados, o que enriqueceria a análise apresentada nesta pesquisa e contribuiria para a construção de um repositório de melhores práticas em *process mining* para as atividades de auditoria de processos de negócios em organizações governamentais.

## REFERÊNCIAS

- ATESCI, K. *et al.* Business process outsourcing: a case study of Satyam Computers. **Journal of Information Management**, v. 30, p. 277-282, 2010.
- ATTIE, W. **Auditoria interna**. São Paulo: Atlas, 1992.
- BALDAM, R.; VALLE, R.; ROZENFELD, H. **Gerenciamento de processos de negócio - BPM: uma referência para implantação prática**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- BEZERRA, F.; WAINER, J.; AALST, W.M.P. Anomaly Detection Using Process Mining. **Enterprise Business Process and Information Systems Modeling**, Springer, 2009.
- BIRKMIRE, JOHN C.; LAY, JAMES R.; MCMAHON, MONA C. **Keys to effective third-party process safety audits**. *Journal of Hazardous Materials*, v. 142, n. 3, p. 574- 581, 2007.
- BORREGO D.; BARBA I. Conformance checking and diagnosis for declarative business process models in data-aware scenarios. **Expert Systems with Applications**, v.41, p. 5340-5352, 2014.
- BUBENKO, J.R.; STIMA, J.; BRASH, D. **Departamento of computer and systems sciences**. Stockholm: Royal Institute of Technology. 1998.
- CANTIDIO, S. **Padronização do Processo**. Disponível no site: <http://www.administradores.com.br/informe-se/artigos/padronizacao-do-processo>. Acesso em 24 jun. 2016.
- CARON F.; VANTHIENEN J. A.; BAESENS B. Comprehensive rule-based compliance checking and risk management with process mining. **Decision Support Systems**, v. 54, p. 1357-1369, 2013.
- CARON, F., *et al.* Acquiring logistics process intelligence: Methodology and an application for a Chinese bulk port. **Expert Systems with Applications**, v. 41, p 195-209, 2014.

- CHEN, L.; BABAR, A. M., A systematic review of evaluation of variability management approaches in software product lines, **Information and Software Technology**, V. 53, p. 344-362, 2011.
- COOK, J.; WOLF, A. Discovering Models of Software Processes from Event-Based Data. **Computer Science Technical Reports**. V. 770, 1996.
- COOPER, H. M. The integrative research review: A systematic approach. **Applied social research methods series V.2**. Beverly Hills: Sage, 1984.
- CHUNGUANG B.; JOSEPH S. A grey-based DEMATEL model for evaluating business process management critical success factors, **Int. J. Production Economics**, V.146, 281–292, 2013.
- CLAES, J.; POELS, G. Merging event logs for process mining: A rule based merging method and rule suggestion algorithm, **Expert Systems with Applications** v.41 7291-7306, 2014.
- CREIRE, R.; BAIÃO, F.; SANTORO, F. Identificação de Regras de Negócio utilizando Mineração de Processos, **Brazilian Computer Society**, p.241-246, 2008.
- CRUZ, J. I. B.; RUIZ, D. Uma experiência em mineração de processos de manutenção de software. In: **Companion Proceedings of the XIV Brazilian Symposium on Multimedia and the Web**, p. 247–253, New York, NY, 2008.
- DYBA, T.; DINGSØYR, T. Strength of evidence in systematic reviews in software engineering, **Software Engineering**, p. 178-187, 2008.
- DIJKMAN, R. M.; DUMAS, M.; OUYANG, C. Semantics and analysis of business process models in BPMN. **Information and software technology**, v 50. p. 1281-1294, 2008.
- DIJKMAN R, *et al.* Similarity of business process models: Metrics and evaluation. **Information Systems**, v. 36: 498-516, 2011.
- DIJKMAN, R.; LA ROSA, M.; REIJERS, H. A. Managing large collections of business process models-Current techniques and challenges, **Computers in Industry**, v. 63, p. 91-97, 2012.
- DONGEN, B.F. *et al.* The ProM framework: A new era in process mining tool support. **International Conference**. Miami, USA. 2005-a.

DONGEN, B.F; AALST. W. M. P. A Meta Model for Process Mining Data, **Conference on Advanced Information Systems Engineering**, vol. 161, 2005-b.

DUBANI, Z.; SOH, B.; SEELING, C. A Novel Design Framework for Business Process Modelling in Automotive Industry. **In: 2010 Fifth IEEE International Symposium on Electronic Design, Test & Applications**. Anais eletrônicos. Ho Chi Minh City, 2010.

ESPOSITO, P. M. M. **Identificação, mineração, análise e reengenharia de processos de negócio**. Rio de Janeiro, 2012.

GANDULFO, P. I. **Método de Mineração de Processos para Auxílio à Tomada de Decisão: um Estudo de Caso no Controle de Férias**. Brasília, 2016.

GOEDERTIER, S. *et al.* Process discovery in event logs: An application in the telecom industry, **Applied Soft Computing**, v.11 p. 1697–1710, 2011.

GORETH, M. M. A. P. **Auditoria interna – embasamento conceitual e suporte tecnológico**. São Paulo: Atlas, 1992.

HAN, J.; KAMBER, M. **Data Mining: Concepts and Techniques**. Morgan Kaufmann Publisher, United States of America, SF, 2006.

HULSTIJN J.; GORDIJN J., Risk analysis for inter-organizational controls, in: **Proceedings of the 12th International Conference on Enterprise Information System**, p.314–320, 2010.

HUO, M., HE, Z., JEFFERY R., An Exploratory Study of Process Enactment as Input to Software Process Improvement, **Software Engineering.**, p. 39-44, 2006.

JANS M. *et al.*, A business process mining application for internal transaction fraud mitigation. **Expert Systems with Applications**. v. 38. p. 13.351–13.359, 2011.

JANS M.; ALLES M.; VASARHELYI M. The case for process mining in auditing: Sources of value added and areas of application. **International Journal of Accounting Information Systems**, V.14, p. 1-20, 2013.

KONDO, R. E.; SANTOS, E. A. P.; LOURES, E.F.R, **Mineração de Processos para a identificação de padrões de falhas para a racionalização de alarmes**. Anais do XIX Congresso Brasileiro de Automática, Belo Horizonte, 2012.



LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, p. 311, 2003.

LAWRENCE, C. **Métodos de auditoria**. São Paulo: Brasiliense, 1973.

LEONI, M. D.; MAGGI, F. M.; VAN DER AALST, W. M. P. An alignment-based framework to check the conformance of declarative process models and to preprocess event-log data. **Information Systems**. v. 47, p. 258-277, 2015.

LIU C., LI, Q., ZHAO X. Challenges and opportunities in collaborative business process management: Overview of recent advances and introduction to the special issue. **Information Systems Front**. V. 11, p. 201-209, 2009.

MAITA, A. R. C., **Estudo da aplicação de técnicas inteligentes em mineração de processos de negócio**. Workshop de Teses e Dissertações em Sistemas de Informação, 2015.

MEDEIROS, A. K. A *et al.* **Process Mining Based on Clustering: A Quest for Precision**, In Proceedings of Business Process Management Workshops, Miami – EUA, 2007.

MORESI, E. **Metodologia da Pesquisa**. Brasília, 2003.

PAMPONET, A. V. **Como entender os processos organizacionais**, <http://www.administradores.com.br/artigos/economia-e-financas/como-entender-os-processos-organizacionais/30037/2009>. Acesso em 24 de junho 2016.

REBUGE A.; FERREIRA D. Business process analysis in healthcare environments: A methodology based on process mining. **Information Systems**, v. 37, p. 99-116, 2012.

SMART, P.A.; MADDERN, R.S.; MAULL, R.S. Understanding Business Process Management: Implications for Theory and Practice, **British Journal of Management**, v. 20, p. 491-507, 2009.

SKRINJAR, R.; TRKMAN, P. Increasing Process Orientation with Business Process Management: Critical Practices, **International Journal of Information Management**, v. 33, p. 48-60, 2013.

VAN DER AALST, W. M. P., *et al.*, Workflow mining: a survey of issues and approaches, **Data & Knowledge Engineering**, v. 47, p. 237–267, 2003-a.

VAN DER AALST, W. M. P.; HOFSTEDDE, A. H. M.; WESKE, M. Business Process Management: A Survey, In: Van der Aalst, W. M. P., Weske, M., **Business Process Management**, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, p. 1-12, 2003-b.

VAN DER AALST, W. M. P.; HOFSTEDDE, T. A.; WESKE M. **Business process management: A survey**, June 2003-c.

VAN DER AALST, W. M. P.; MEDEIROS, A. K. A. Process Mining and Security: Detecting Anomalous Process Executions and Checking Process Conformance. In **Second International Workshop on Security Issues with Petri Nets and other Computational Models (WISP 2004)**, p. 69-84. Pisa, Italy, 2004-a.

VAN DER AALST, W. M. P; Weijters, A.J.M.M Process Mining: A Research Agenda 2004-b.

VAN DER AALST, W. M. P.; GÜNTHER, C. W. Finding Structure in Unstructured Processes: The Case for Process Mining. In: **Seventh International Conference on Application of Concurrency to System Design - ACSD 2007**. Bratislava, Slovakia: ACSD, 2007.

VAN DER AALST, W. M. P; SCHONENBERG M.H.; Song, M. Time prediction based on process mining. **Information Systems**. V.36, p. 450-475, 2011-a.

VAN DER AALST, W. M. P; REIJERS H.A., WEIJTERS A.J.M.M., Business process mining: An industrial application, **Information System**, v.32, 713-732, 2011-b.

VAN DER AALST, W. M. P, The Process Mining Manifesto - An interview with Wil van der Aalst. **Information System**, v. 37, p. 288-290, 2012.

VAN DER AALST, W. M. P. Service Mining: Using Process Mining to Discover, Check, and Improve Service Behavior. **IEEE Transactions on Services Computing**, v. 6, p. 525-535, 2013.

VAN NUFFEL, D.; DE BACKE, M. Multi-abstraction layered business process modeling. **Computers in Industry**, v. 63, p. 131-147, 2012.

- VASARHELYI, M., M.ALLES, A.KOGAN, Principles of analytic monitoring for continuous assurance, **International Journal of Emerging Technologies in Learning**, p. 1-21, 2004.
- WANG, D.; GE, J., Discovering process models from event multiset. **Expert Systems with Applications**, v. 39, p. 11970-11978, 2012.
- WEERDT, J. D. *et al.* A multi-dimensional quality assessment of state-of-the-art process discovery algorithms using real-life event logs. **Information Systems**, v. 37, n. 7, p. 654-676, 2012.
- WEERDT J. D.; SCHUPP, A.; VANDERLOOCK, A.; BAESENS, B. Process Mining for the multi-faceted analysis of business processes - A case study in a financial services organization. **Computers in Industry**. V. 64, p. 57-67, 2013.
- WESKE, M., **Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures**. 1 ed. Springer, 2007.
- WIKIPÉDIA, disponível em <https://pt.wikipedia.org/wiki/XML>. Acesso em 28 de janeiro de 2017.
- WORTMANN, H. Discovery and analysis of e-mail-driven business processes, **Information Systems**, v. 37, p. 142-168, 2012.
- TIWARI, A.; TURNER, C. J.; MAJEED, B. A Review of business process mining: State-of-the-art and future trends. **Business Process Management Journal**, 2014.
- TURNER, C. J., TIWARI A., OLAIYA R., XU Y. Process mining: from theory to practice. **Business Process Management Journal**, v. 18, p. 493-512, 2012.
- YINGLONG Ma, XIAOLAN Z., KE L. A graph distance based metric for data oriented workflow retrieval with variable time constraints. **Expert Systems with Applications**, v. 41, p. 1377-1388, 2014.