



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

UM MÉTODO PARA INFERIR A NECESSIDADE DE ATUALIZAÇÃO DE
SITUAÇÕES NA ADAPTAÇÃO DE PROCESSOS DE NEGÓCIOS.

Juliana do Espirito Santo Carvalho

Orientadoras

Flávia Maria Santoro

Kate Cerqueira Revoredo

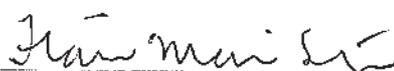
RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL
SETEMBRO DE 2013

UM MÉTODO PARA INFERIR A NECESSIDADE DE ATUALIZAÇÃO DE
SITUAÇÕES NA ADAPTAÇÃO DE PROCESSOS DE NEGÓCIOS.

Juliana do Espírito Santo Carvalho

DISSERTAÇÃO APRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE PELO PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO
DO RIO DE JANEIRO (UNIRIO). APROVADA PELA COMISSÃO
EXAMINADORA ABAIXO ASSINADA.

Aprovada por:



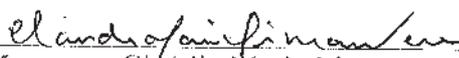
Flávia Maria Santoro, D. Sc. – UNIRIO



Kate Cerqueira Revoredo, D. Sc. – UNIRIO



Fernanda Araújo Baião, D. Sc. – UNIRIO



Cláudia Maria Lima Werner, D. Sc. – UFRJ

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL
SETEMBRO DE 2013

C331 Carvalho, Juliana do Espírito Santo.
Um método para inferir a necessidade de atualização de situações na
adaptação de processos de negócios / Juliana do Espírito Santo
Carvalho, 2013.
153 f. ; 30 cm

Orientadora: Flávia Maria Santoro.
Coorientadora: Kate Cerqueira Revoredo.
Dissertação (Mestrado em Informática) - Universidade Federal do
Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

1. Mineração de dados (Computação). 2. Apriori (Algoritmo). 3.
Adaptação dinâmica de processos de negócio. I. Santoro, Flávia Maria. II.
Revoredo, Kate Cerqueira. III. Universidade Federal do Estado do Rio de
Janeiro. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Curso de Mestrado em
Informática. IV. Título.

CDD - 006.312

Agradecimentos

Primeiramente a Deus pelo dom da vida e por me proporcionar saúde e paz de espírito para seguir trilhando o caminho por Ele traçado.

A minha querida e amada mãe Ubiracy pelo amor incondicional, pelo apoio, pelo incentivo, pela paciência e compreensão e por toda a luta para construir o ser humano que sou hoje. Todas as palavras que eu escrever serão poucas diante do amor eterno e agradecimento por tudo que fez e faz por mim. A distância dói, mas a certeza de ter você sempre comigo me dá forças para sempre seguir em frente.

A toda minha família que sempre me apoiou, me incentivou e me amparou quando precisei, vocês são minha base. Em especial: as minhas queridas primas, ou melhor: irmãs, pelas conversas descontraídas, senso de humor e torcida; a Tia Bia pelo incentivo e apoio constante; a Tia Nilza, a Alexandre, a Bianca e a pequena Alice (o sorriso mais puro e minha fonte de paz nos últimos cinco meses) por me acolherem na cidade maravilhosa e me ajudarem sempre que precisei de algo por aqui.

A Manuele pelo apoio, carinho, incentivo, compreensão, ajuda, companhia para celebrar as conquistas e colo para amparar as frustrações, incertezas e dúvidas. É uma honra ter você sempre ao meu lado, até quando estive longe.

As minhas orientadoras, Flavia Santoro e Kate Revoredo, pelos ensinamentos, construção do saber, otimismo, incentivo, apoio, dedicação, amizade e colocações que só agregaram valor ao trabalho, em especial a Flavia que está comigo nessa caminhada do mestrado desde o início, colaborando e indicando os caminhos para me estabelecer no Rio de Janeiro.

As professoras Fernanda Baião e Cláudia Wener por terem aceitado o convite em participar da banca e pelas colocações pertinentes e contribuições para melhoria desse trabalho.

E de onde veio a ideia do Mestrado no Rio de Janeiro, em especial na Unirio? Não poderia deixar de agradecer a amiga Vaninha Vieira pelo estímulo lá em 2009 e meados de 2010 indicando e incentivando o mestrado da Unirio, falando muito bem do curso, em especial das professoras Renata e Flávia. E quando passei e contei a ela que seria a Flávia? “Vocês vão se dar muito bem. Ela é ótima e tem estilo de orientação que combina com você”. Você estava completamente certa.

A Vanessa Nunes e Talita Mattos, companheiras de contexto e adaptação dinâmica de processo, pelas contribuições, pela disponibilidade, pelo incentivo e pela boa vontade em colaborar com a construção dessa dissertação.

Aos companheiros de mestrado, ainda que em diferentes momentos, Joanne, Juliana França, Mônica e Rafael pela troca de experiências e pela companhia nas disciplinas.

Aos queridos amigos Andreson e Soraya, meus companheiros de casa, pela fraternidade, carinho, paciência e apoio. Vocês são fonte de alegrias, orgulho e ensinamentos.

Aos amigos Daniella, Evelin, Erico, Monique, Natália, Ricardo e Vanessa Aline pelas palavras de carinho e incentivo sempre.

Aos meus amigos do trabalho, Francisco, Juliana, Lílian, Luana, Marcela, Pedro e Rômulo, que não me deixaram enfraquecer e estiveram lá em Santa Rita do Sapucaí me dando forças para conciliar Mestrado com a pós-graduação realizada lá por 3 meses intensos. Além disso, agradeço a eles pela amizade, momentos de alegrias e incentivo que foram além de Santa Rita e permanecem e se perpetuam aqui no Rio de Janeiro.

A todo o Corpo Docente do PPGI, que me proporcionou um grande aprendizado. Em especial aos professores Renata Araujo, Mariano Pimentel, Claudia Cappelli e Gleison pelas suas considerações nas bancas, pelas conversas em corredores e eventos, pela atenção e pelo carinho demonstrado. Um agradecimento a Alessandra Nascimento por toda ajuda quando liguei ou mandei e-mail desesperada com algum problema, sempre com um sorriso no rosto e um carisma contagiante.

A CAPES pelo financiamento parcial desta pesquisa.

CARVALHO, Juliana E. S. **Um Método Para Inferir A Necessidade De Atualização De Situações Na Adaptação De Processos De Negócios.** UNIRIO, 2013. 146 páginas. Dissertação de Mestrado. Departamento de Informática Aplicada, UNIRIO.

RESUMO

O conhecimento relacionado ao contexto é um recurso essencial para adaptar o comportamento dos processos de negócio visando mantê-los alinhados aos objetivos traçados. A mineração de dados representa uma possibilidade de manter atualizadas as análises dos processos em relação aos objetivos da organização. Adaptação dinâmica é tornar um processo de negócio aplicável a uma determinada situação, em qualquer momento do seu ciclo de vida. Um ambiente de adaptação baseada em contexto deve ir além, e aprender a partir do dinamismo do contexto e das decisões tomadas, bem como identificar continuamente novas situações imprevistas. O objetivo deste trabalho é apresentar um método que infere a necessidade de atualização de situações que influenciam a execução de um processo de negócio, inclusive com possibilidade de sugestão de novas situações. Além disso, o método pode sugerir atualização das regras de adaptação e/ou dos elementos contextuais mapeados. Essas sugestões são feitas a partir de resultados da aplicação do algoritmo Apriori usado em mineração de dados. Um estudo de caso piloto foi realizado para avaliar o método proposto. Neste estudo, foi possível observar indícios da aplicabilidade do método na identificação da causa do desalinhamento de algumas instâncias em relação aos objetivos do processo. Além disso, foi realizado um estudo de caso exploratório com o intuito de investigar a possibilidade de aprender com o dinamismo do contexto. Foi verificado que ao longo do tempo contexto se modifica e que é possível aprender com essa dinamicidade.

Palavras-chave: Adaptação dinâmica de processos de negócio, contexto, mineração de dados, Apriori.

ABSTRACT

The knowledge related to the context is an essential resource for adapting the behavior of business processes order to keep them aligned with goals. Data mining is a possibility to keep analysis of the processes in relation to the goals of the organization updated. Dynamic adaptation is to make a business process applicable to a given situation, at any point in its life cycle. A context-based adaptation environment should go further and learn from the dynamism of the context and of the decisions made, and continuously identify new unforeseen situations. The objective of this dissertation is to present a method that infers the need to update situations that influence the execution of a business process, including the possibility of suggesting new situations. Furthermore, the method can suggest updating adaptation rules and / or contextual elements previously identified. These suggestions are made based on the results of the application of the Apriori algorithm used in data mining. Case studies were conducted to evaluate the proposed method. In those studies we observed evidence of the applicability of the method in identifying the cause of the misalignment of some instances in relation to the goals of the process. Furthermore, an exploratory case studies was conducted in order to investigate the possibility of learning from the dynamism of context. It was found that over time context is changed and it is possible to learn with this dynamicity.

Keywords: Dynamic adaptation of business processes, context, data mining, Apriori.

Sumário

1.	Introdução	1
1.1.	Motivação	1
1.2.	Caracterização do problema.....	2
1.3.	Metodologia de pesquisa	4
1.4.	Enfoque de solução	5
1.5.	Objetivo da dissertação	7
1.6.	Estrutura do trabalho.....	7
2.	Fundamentação Teórica.....	9
2.1.	Adaptação de Processo de Negócio	9
2.2.	Descoberta de Conhecimento em Base de Dados - DCBD	16
2.3.	Considerações Finais	24
3.	Proposta: Método Computacional	25
3.1.	Aprendendo com o dinamismo de Contexto.....	25
3.2.	Método proposto	29
3.3.	@ISituation: Sistema para atualização da Base de Situações.....	36
3.4.	Conclusões do capítulo	40
4.	Avaliação da proposta	41
4.1.	Método de Pesquisa	41
4.2.	Domínio de Negócio	43
4.3.	Estudo de Caso Piloto	46
4.4.	Estudo de Caso Exploratório	54
4.5.	Discussão	70
5.	Trabalhos Relacionados.....	73
5.1.	Pesquisas em Adaptação de Processo de Negócio.....	73
5.2.	Quadro Resumo	78
5.3.	Conclusões	81
6.	Conclusão	82
6.1.	Contribuições do trabalho.....	84
6.2.	Limitações.....	84
6.3.	Trabalhos futuros	86
7.	Referências bibliográficas	88
	Apêndice A – Resultados do Estudo de Caso Exploratório: Caso 1	94
	Apêndice B – Resultados do Estudo de Caso Exploratório: Caso 2.....	106

Apêndice C – Resultados do Estudo de Caso Exploratório: Caso 3..... 120

Lista de Figuras

Figura 2.1 - Modelo para Contexto em Processos de Negócio (MATTOS, 2012)	12
Figura 2.2 – Gadapt (NUNES, 2011).	15
Figura 2.3 - Fluxo DCBD (HAN E KAMBER, 2006) (BRACHMAN E ANAND, 1996).....	19
Figura 2.4 - Exemplo de geração do conjunto I de itens frequentes (<i>itemset</i>).	23
Figura 3.1 - Processo de Venda de TV a Cabo.....	27
Figura 3.2 – Diagrama de Classes para a base gerada a partir do Log.....	29
Figura 3.3 - Fluxo da Proposta considerando os 2 cenários.	30
Figura 3.4 - Diagrama de atividades para instâncias adaptadas.	32
Figura 3.5 - Diagrama de atividades para instâncias não adaptadas.	34
Figura 3.6 - Condições possíveis para execução do Apriori.	36
Figura 3.7 - Diagrama de Componentes @ISituation.	37
Figura 3.8 - Interfaces do @ISituation	38
Figura 3.9 - Fluxo padrão de execução do @ISituation	39
Figura 3.10 - Fluxo alternativo de execução do @ISituation.....	40
Figura 4.1 - Questões relevantes para diferentes métodos de pesquisa (Yin, 2010)	42
Figura 4.2 - Processo de Decolagem de Aeronave (MATTOS, 2012).....	43
Figura 4.2 - Log Adaptado de Mattos (2012).....	48
Figura 4.3 – Potenciais Novas Situações após a 1ª possibilidade de execução do Apriori.	49
Figura 4.4 - Potenciais Novas Situações após a 2ª possibilidade de execução do Apriori (Regra 1).....	51
Figura 4.5 - Potenciais Novas Situações após a 2ª possibilidade de execução do Apriori (Regra 4).....	51
Figura 4.6 - Potenciais Novas Situações após a 3ª possibilidade de execução do Apriori.	52
Figura 4.7 - Potenciais Novas Situações após a 5ª possibilidade de execução do Apriori.	53
Figura 4.9 - Análise das execuções para atividade A	63
Figura 4.10 - Análise das execuções para atividade J	66
Figura 4.11 - Análise das execuções para atividade R	70

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Elementos Contextuais mapeados para o processo de Decolagem de aviões.	44
Tabela 2 - Conclusões sobre cada possível execução do Apriori.....	54
Tabela 3 - Elementos Contextuais e seus possíveis valores para cada atividade.	56
Tabela 4 - Situações Definidas por atividade.	57
Tabela 5 - Quadro Resumo Comparativo	80

1. Introdução

1.1. Motivação

Processo de negócio é o conjunto de atividades realizadas em um ambiente organizacional de forma coordenada e visando a um objetivo de negócio (WESKE, 2007). Business Process Management (BPM) é a arte e a ciência de monitoramento de como o trabalho é realizado em uma organização para garantir resultados consistentes e aproveitar as oportunidades de melhoria. Importante destacar que BPM não é sobre melhoria da forma como as atividades individuais são executadas. Pelo contrário, é sobre o gerenciamento de cadeias inteiras de eventos, atividades e decisões que adicionam valor para a organização e seus clientes. Estas "cadeias de eventos, atividades e decisões" são chamadas de processos (DUMAS et al, 2013).

Dado que rotinas do dia-a-dia de trabalho estão sujeitas a modificações frequentes, o mapeamento e a implantação correta, atualizada e eficaz dos processos ainda são uma grande prioridade e uma tarefa desafiadora para os executivos e seus ambientes de negócios (GARTNER GROUP, 2009). Se os processos forem mantidos sem levar estas mudanças em consideração, é possível provocar um mau desempenho para a organização (PLOESSER et al., 2009). O sucesso econômico de uma organização é altamente dependente da sua capacidade de reagir a mudanças no ambiente operacional (SCHONENBERG; MANS et al, 2008).

Flexibilidade em processos de negócio é uma demanda atual nas organizações, a qual está relacionada com a capacidade de um processo em se adaptar, mantendo a sua estabilidade e alinhamento com as políticas, cultura e objetivos organizacionais (REGEV et al, 2007; NUNES, 2011). Adaptação dinâmica de processo de negócio refere-se à adaptação das instâncias de processos em execução, onde as necessidades de adaptação

devem ser tratadas no momento em que ocorrem. No entanto, é importante ter em mente que adaptação dinâmica de processos envolve não só a adaptação do fluxo de controle, mas também elementos relacionados ao processo, tais como, regras de negócio, papéis, artefatos (insumos e produtos), sistemas e outros recursos (NUNES, 2011).

Desta forma, Nunes; Santoro et al (2011) argumentam que mecanismos devem ser definidos para possibilitar a adaptação em ambientes de execução de processos, incluindo a definição de regras de adaptação que levem em consideração o contexto de uma determinada instância do processo.

1.2. Caracterização do problema

Segundo Bider (2005), é possível prever até 90% dos acontecimentos relativos a um processo de negócio, mas nunca 100% de todos os acontecimentos, nem 100% de todas as possibilidades de atuação. Ou seja, não é viável prever tudo que pode ocorrer durante a execução de um processo, pois novos cenários surgem. Além disso, descrever todos os caminhos possíveis em um modelo de processo pode prejudicar o seu entendimento, devido ao alto grau de complexidade (BIDER, 2005; KUMAR e NARASIPURAM, 2006).

Contexto é um conceito interdisciplinar, amplamente discutido na literatura, com diferentes visões que se reproduzem nos distintos domínios, incluindo filosofia, história, ciência da computação e linguística (ANASTASSIU, 2012). Dentre as diferentes visões, contexto é a informação útil para a execução das atividades e para as interações que ocorrem em um processo de trabalho (VIEIRA, 2008; HALLERBACH et al, 2007). Em um cenário de processos de negócio, no qual as organizações devem rapidamente detectar e responder a mudanças em suas rotinas, o contexto é o conjunto mínimo de variáveis que contém toda a informação relevante que impacta na concepção e implementação de um processo de negócio (ROSEMANN e RECKER, 2006).

Em Nunes (2011), o conceito de contexto é descrito como um balizador para distinguir, dentre as informações disponíveis ao longo da execução da instância de um processo, aquelas que são relevantes no sentido de oferecer insumos para análise da aderência da instância do processo às necessidades da organização. Algumas soluções propostas na literatura (SCHONENBERG et al., 2008, ROSEMANN et al., 2010, LA ROSA, 2009, BALDAUF et al., 2007, AALST, 2009) oferecem apoio no raciocínio para

identificação de possibilidades de adaptação de processos, utilizando informações parciais e não integradas que influenciam nos processos. Essas soluções estão focadas em adaptar o processo com base em um contexto já previamente conhecido, ou pelo menos, com base em elementos já previamente identificados que possam vir a interferir no processo, porém elas não se preocupam em tratar a evolução do contexto.

Consideremos como ilustração, o cenário de controle de tráfego aéreo, especificamente o processo de aeronaves decolando, alguns elementos podem interferir neste processo, tais como, o espaço aéreo, condições meteorológicas e de aeronaves. Esses elementos são especificados junto com seus possíveis valores, por exemplo, espaço aéreo pode assumir como valores “operacional”, “não operacional” e “operacional com restrições”. A partir desses elementos, situações que capturam os potenciais problemas para o fluxo normal do processo são modeladas, por exemplo, Situação A = {Espaço Aéreo = "operacional com restrição" e condição de tempo = "desfavorável"}. Ou seja, a Situação A é caracterizada quando o elemento contextual “espaço aéreo” assume o valor “operacional com restrição” associado ao elemento contextual “condição de tempo” assumindo o valor “desfavorável”; além disso, é importante salientar que esse dois elementos contextuais estão com valor diferente do valor dito como esperado/padrão (operacional e favorável, respectivamente). Uma regra de adaptação *Alfa* é criada para resolver essa situação, em outras palavras, toda vez que a situação A ocorrer, a ação *Alfa* deve ser executada para que o processo possa ainda assim atingir seu objetivo. Por exemplo, em um dia com muita neblina e com muitas decolagens e pousos previstos, caracterizando presença da situação A, a ação *Alfa* indica que a decolagem seja adiada por um período de uma hora. Depois de uma hora, ocorrendo a decolagem, o objetivo terá sido atingido.

Por outro lado, caso a neblina continue intensa, depois da uma hora determinada, a decolagem não será realizada e assim o objetivo não será atingido. Em cenários onde isso ocorre com frequência, ou seja, uma situação é identificada, uma ação é tomada, mas o objetivo do processo não é atingido, pode significar que o ambiente evoluiu e as premissas de adaptação deixaram de ser válidas.

Uma maneira possível de fazer com que esse processo volte a atingir o resultado esperado é investigar se os elementos contextuais que interferem na sua execução são

realmente apenas aqueles que compõem a situação A. Além disso, pode-se investigar se a ação mais adequada para contornar a situação A é mesmo a ação Alfa.

Nesta dissertação, argumenta-se que é fundamental para um ambiente de adaptação dinâmica de processos baseado em contexto, aprender com decisões tomadas, bem como, com identificar novas situações não previstas. Para tal, é importante manter uma base histórica, ou base contendo informações de contexto associadas às instâncias de atividades executadas e experiências sobre as adaptações de processo realizadas. Desta forma, o problema a ser tratado neste trabalho é:

Regras de adaptação e situações em processos de negócios tornam-se obsoletas ao longo do tempo, uma vez que contexto é dinâmico.

1.3. Metodologia de pesquisa

O primeiro passo na realização da pesquisa desta dissertação compreendeu a caracterização do problema, que consistiu na sua descrição e busca de evidências de sua ocorrência. Em seguida, foi realizada uma revisão bibliográfica em fontes relacionadas à adaptação de processos através de contexto (SCHONENBERG et al, 2008a; PEDREIRA et al., 2007; ROSEMANN et al 2008; SOFFER et al 2010; NUNES 2007; NUNES et al, 2012; BRÉZILLON e POMEROL, 1999; MATTOS, 2012; NUNES et al, 2011a; Nunes, 2011; ANASTASSIU, 2012) e mineração de dados e processos (ANGELONI, 2003; HAN E KAMBER, 2006; BRACHMAN E ANAND, 1996; FAYYAD et al, 1996; AGRAWAL E SRIKANT, 1994). Com base neste trabalho inicial, foram definidas questões a serem abordadas e possíveis enfoques de solução.

Posteriormente, seguiu-se a elaboração da proposta, que inicialmente consistia em como inferir regras de adaptação de processos baseadas em contexto. A primeira proposta de solução foi publicada no VIII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI), mais especificamente no V Workshop de Teses e Dissertações em Sistemas de Informação (CARVALHO E SANTORO, 2012). Em seguida, essa proposta foi refinada para um método computacional para inferir a necessidade de atualização das situações e regras de adaptação e, quando necessário, sugerir evoluções para elas visando uma adaptação

dinâmica contextualizada de processos de negócio independente do domínio. Ela foi publicada no IX Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (CARVALHO et al, 2013a) e no *17th IEEE International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design* (CARVALHO et al, 2013b). Estes artigos relatam parcialmente os resultados de um estudo de caso piloto no domínio do controle do tráfego aéreo com uma base de dados reduzida para analisar preliminarmente a viabilidade do modelo proposto.

A etapa final correspondeu à realização de um estudo de caso exploratório para avaliar a proposta de solução para as questões levantadas. O estudo foi realizado no mesmo domínio do estudo de caso piloto, no qual, dentro do processo de decolagem de uma aeronave, foram selecionadas três atividades para serem avaliadas quanto ao dinamismo do contexto e, conseqüentemente, à assertividade das situações mapeadas. Para isso, foi criado um log sintético contendo as principais ocorrências relativas às atividades desse processo específico.

1.4. Enfoque de solução

A solução proposta é um método baseado em técnicas de mineração de dados que infere a necessidade de atualização das situações, podendo inclusive sugerir atualização das regras de adaptação e/ou dos elementos contextuais mapeados. Além disso, pode, quando identificadas potenciais novas situações, sugerir evoluções para a base de situações visando uma adaptação dinâmica contextualizada de processos de negócio independente do domínio. Para tal, parte-se da premissa de que existe uma base que contém informações sobre cada instância do processo que já tenha sido executada, contendo:

- Informações sobre as atividades executadas,
- Situações que interferiram em cada atividade,
- Regras de adaptação utilizadas para adaptar a instância do processo dadas as situações,
- Resultado obtido após toda execução da instância do processo, que indicará, inclusive, se após uma adaptação a instância ainda atinge os objetivos que a empresa mapeou para aquele processo.

A mineração de dados é utilizada para três fins: indicar a necessidade de modificações nas regras de adaptação, indicar a existência de novas situações e indicar a possibilidade de existirem novos elementos contextuais. Primeiramente, são analisadas instâncias do processo que necessitaram de adaptação em tempo de execução, ou seja, regras de adaptação foram escolhidas de acordo com as situações que interferiram na atividade que demandou adaptação. Ao final da execução da instância, percebe-se que algumas instâncias não atingiram os objetivos mapeados pela empresa. Será possível indicar aos especialistas do processo a necessidade de investigação a cerca da causa desse desalinhamento aos objetivos da empresa, que pode estar na regra de adaptação utilizada ou na situação identificada. Essa investigação será feita através da mineração de dados.

Além disso, existe a possibilidade de ocorrerem casos em que não houve necessidade de adaptação em tempo de execução, ou seja, não foram utilizadas regras de adaptação por não existirem situações que as demandassem. Contudo, após a execução dessas instâncias sem adaptação percebe-se que os resultados não foram condizentes com os objetivos traçados. Esse fato poderá indicar aos especialistas do processo a necessidade de reavaliar a base de situações, buscando por novas situações ou ainda indicar a necessidade de avaliar se não tem novos elementos contextuais atuando no processo. A indicação de qual foi a causa do desalinhamento com os objetivos do processo virá através dos resultados com a mineração de dados.

As questões a serem exploradas nesse trabalho são:

- O comportamento de instâncias de um mesmo processo sofrem modificações ao longo do tempo a ponto de gerar modificações no conjunto ou de situações mapeadas, ou de regras de adaptação sugeridas ou de elementos contextuais que interferem no processo?
- Dado um número suficiente (definido por especialista) de instâncias que não atingiram os objetivos traçados para o processo, é possível sugerir através da mineração de dados a potencial causa desse desalinhamento?

1.5. Objetivo da dissertação

Este trabalho tem como objetivo principal apoiar a evolução de ambientes de adaptação dinâmica de processos de negócio baseada em contexto, independente do domínio.

Para isso, tem como objetivos específicos:

- Auxiliar na definição, mudança, e exclusão de situações.
- Auxiliar na definição, mudança, e exclusão de regras de adaptação.
- Definir o componente Tratador (NUNES, 2011), discutido na Seção 2.1.2 do Capítulo de Fundamentação Teórica, que é composto pelos módulos de manutenção de regras de adaptação e manutenção das definições de contexto.

1.6. Estrutura do trabalho

A dissertação está estruturada em seis capítulos, sendo o primeiro a presente Introdução.

No Capítulo 2, são apresentados os principais conceitos que fundamentam a pesquisa, tais como contexto, adaptação de processo, flexibilidade de processo, e descoberta de conhecimento em base de dados e mineração de dados.

No Capítulo 3, é apresentado o passo a passo que compõe o método que irá inferir a necessidade de atualização das situações e regras de adaptação, contribuição principal deste trabalho.

No Capítulo 4, é apresentado o estudo de caso piloto realizado para analisar a viabilidade do método proposto, e o cenário, planejamento, execução e resultados do estudo de caso exploratório realizado para discutir as questões de pesquisa levantadas anteriormente.

No Capítulo 5, são discutidos os trabalhos relacionados nas áreas de pesquisa estudadas para essa dissertação. Trabalhos na área de adaptação dinâmica de processos, trabalhos que utilizam técnicas de mineração como forma de apoiar mudanças em processos de negócio. Além de apresentar uma comparação entre os trabalhos encontrados e a proposta apresentada.

Por fim, o Capítulo 6 resume o trabalho, discute conclusões, contribuições e limitações desta dissertação e apresenta perspectivas futuras de pesquisa.

2. Fundamentação Teórica

Este capítulo discute a definição de adaptação de processo de negócio, as possibilidades de flexibilização de processos e a relação de contexto com adaptação dinâmica de processo de negócio. É apresentada também a definição de Descoberta de Conhecimento em Base de Dados, seus passos, focando na atividade de mineração de dados.

Na seção 2.1 são apresentados os conceitos de processos de negócio, flexibilidade do processo, contexto, elemento contextual, situação e regra de adaptação. Na sub-seção 2.1.1 são apresentados os tipos de flexibilidade de processos e na sub-seção 2.1.2 é apresentada uma proposta da literatura para adaptação dinâmica de processos através da gestão de contexto, na qual o presente trabalho poderá ser inserido. Na seção 2.2 é apresentado todo o processo de Descoberta de Conhecimento em Base de Dados. Na sub-seção 2.2.1 são apresentadas algumas tarefas de mineração de dados e na sub-seção 2.2.2 a tarefa de mineração Regra de Associação é melhor apresentada e o seu algoritmo mais utilizado na literatura é apresentado, o algoritmo Apriori. Por fim, na seção 2.3 são apresentadas as conclusões finais do capítulo.

2.1. Adaptação de Processo de Negócio

Os processos de negócio fornecem um meio de coordenar as interações entre trabalhadores e organizações de uma forma estruturada. No entanto, a natureza dinâmica do ambiente empresarial moderno mostra que esses processos estão sujeitos a uma gama cada vez maior de variações, e, portanto, para permanecerem viáveis, devem demonstrar abordagens flexíveis para lidar com essas variações (SCHONENBERG; MANS et al, 2008).

O ato de customizar um processo para torná-lo aplicável a um contexto específico define o conceito de adaptação de processos (PEDREIRA et al., 2007). Além disso, a necessidade de flexibilidade em processos tem sido reconhecida como qualidade crítica do processo de negócio para que as organizações se adaptem às mudanças nos negócios (SCHONENBERG; MANS et al, 2008).

Flexibilidade do processo é a capacidade de lidar tanto com alterações previstas quanto com as imprevistas, variando ou adaptando as partes do processo de negócio que são afetadas por elas, mantendo o formato essencial das partes que não são afetadas pelas variações. Ou, em outras palavras, a flexibilidade é tanto sobre o que deve permanecer o mesmo em um processo, como o que deveria ser permitido mudar (SCHONENBERG; MANS et al, 2008).

Flexibilidade de um processo está relacionada à compreensão de eventos inesperados que acontecem enquanto pessoas, sistemas e recursos interagem e demandam ajustes. Por isso, processos de negócios devem ser projetados para serem capazes de responder a informações sobre diferentes eventos e suas especificidades, bem como às mudanças de condição no ambiente. Essas informações definem o que a literatura chama de contexto (ROSEMANN et al 2008; SOFFER et al 2010; NUNES 2007).

O conhecimento contextual está nas experiências compartilhadas entre participantes, artefatos, atividades coletivas e individuais, condições e fatos que acontecem durante a execução de um processo (NUNES et al, 2012; BRÉZILLON e POMEROL, 1999). Sua importância está no fato de que fornece uma relação forte de causa-efeito entre as exigências de flexibilidade e os impactos sobre a adaptação de processos (NUNES; WERNER et al, 2011). Nessa dissertação, a definição de **Contexto** utilizada é: conjunto de elementos contextuais instanciados e combinados (Situação) que são necessários para prover suporte a uma atividade em um processo de negócio, em conformidade com MATTOS (2012) no Modelo de Contexto para Processos de Negócios proposto por esta autora.

Ainda de acordo com MATTOS (2012), dado que entidade contextual representa entidades (por exemplo, pessoa, lugar, objeto, usuário, aplicação) a serem consideradas para a finalidade de manipular informações de contexto, então **elemento contextual** é

definido como a unidade básica do modelo, identificada por um conjunto de atributos e relacionamentos associados a uma entidade.

MATTOS (2012) propõe uma descrição formal para caracterizar o contexto de uma atividade de um processo de negócio em um determinado domínio. A abordagem proposta é baseada em modelos conceituais, estruturados em camadas que contemplam os aspectos relacionados ao contexto. As camadas são divididas em: Metamodelo de Contexto, Metamodelo de Processos de Negócios e Metamodelo do Domínio. A primeira e a segunda camadas independem do domínio. A primeira compreende os conceitos relacionados ao contexto e seus relacionamentos. A camada Metamodelo de Processos de Negócios descreve os elementos básicos que devem fazer parte de um modelo de processo. A camada Metamodelo do Domínio inclui a definição de estrutura de dados, das funções, dos relacionamentos e das restrições de uma área de conhecimento específica. Na Figura 2.1, é reproduzido o modelo de contexto para processo de negócio composto por cada um dos metamodelos apresentados acima.

A proposta de MATTOS (2012) também apresenta regras que definem relacionamentos entre um metamodelo de contexto e um metamodelo de processo, além da definição de restrições para os modelos. Entre as regras apresentadas existe uma que relaciona elemento contextual e Situação:

Seja EC o conjunto de elementos contextuais.

Para todo elemento contextual $ec_i \in EC$, onde $1 \leq i \leq n$ e $n = |EC|$, um domínio ($Dom(ec_i)$) é associado indicando os possíveis valores que o elemento contextual pode assumir.

Seja $Dom(ec_i) = \{d_{i1}, d_{i2}, \dots, d_{iM_i}\}$, onde $M_i = |Dom(ec_i)|$, o conjunto E é definido como o conjunto de todos os elementos contextuais com seus valores associados:

$$E = \{ec_1=d_{11}, \dots, ec_1=d_{1M_1}, ec_2=d_{21}, \dots, ec_2=d_{2M_2}, \dots, ec_n=d_{n1}, \dots, ec_n=d_{nM_n}\}$$

Uma situação S é definida como um subconjunto de E ($S \subseteq E$), onde um determinado elemento contextual só pode ser considerado uma única vez.

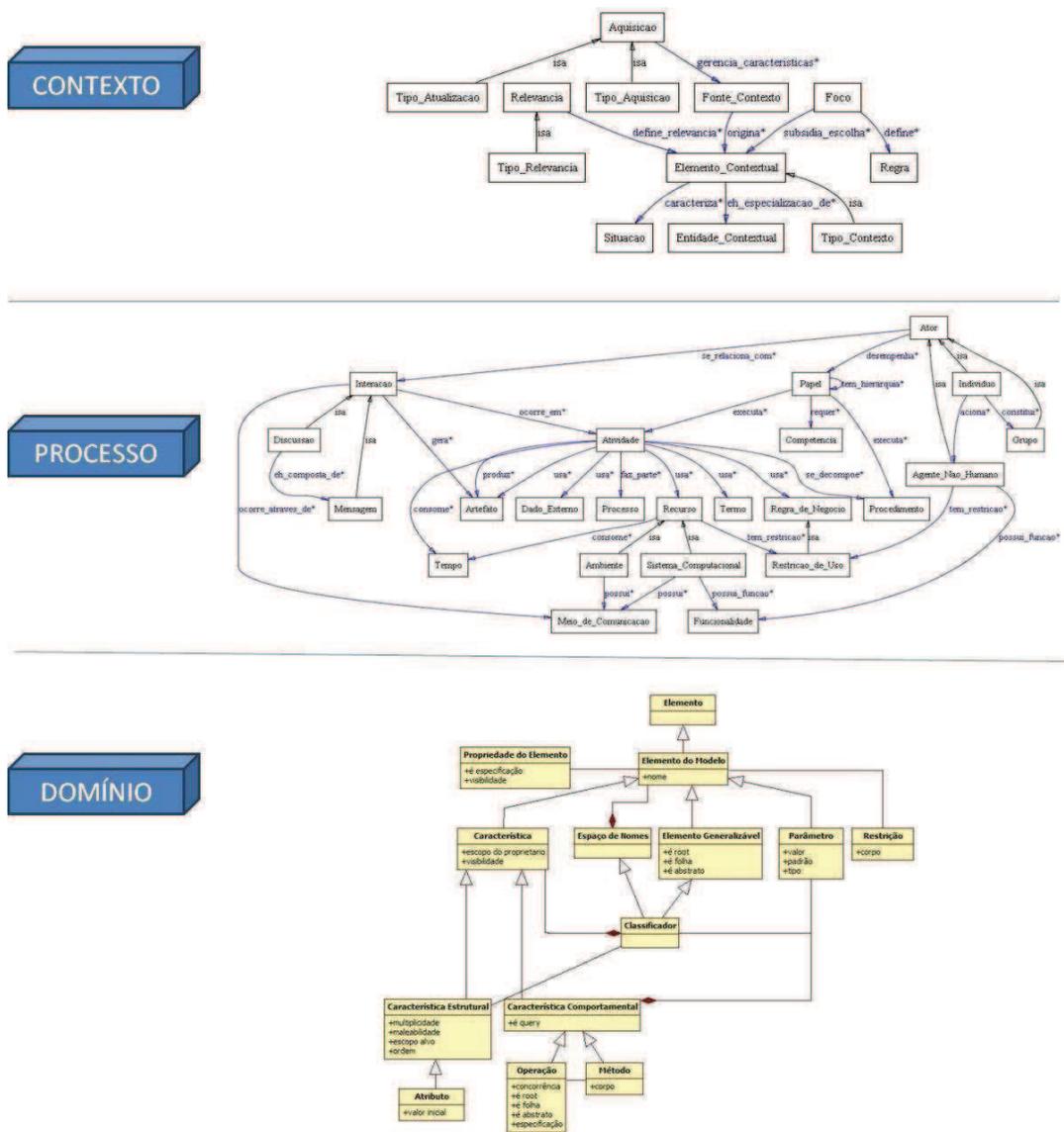


Figura 2.1 - Modelo para Contexto em Processos de Negócio (MATTOS, 2012)

Na presente dissertação, **situação** é formalmente definida como: Situação $A = \{EC_1 = v_1, EC_2 = v_2, \dots, EC_n = v_n\}$, onde $EC_i, \forall i$ com $1 \leq i \leq n$, são elementos contextuais, v_i , o valor que EC_i assume em um dado momento, e Situação A é a definição da circunstância causada por esta condição. A ocorrência de uma situação pode exigir uma adaptação do processo. Por outro lado, a adaptação com base no contexto requer decisões sobre que regras de adaptação aplicar (MATTOS et al, 2012).

Desta forma, **regras para adaptação** dinâmica de um processo podem ser definidas conforme as situações mapeadas, ou seja, toda regra de adaptação de processo está

vinculada a alguma situação identificada. Regras de adaptação possuem o formato Se (condição) – Então (ação), onde a condição é definição de contexto (Situação) já identificada e a ação é a atitude, a decisão a ser tomada de forma a adaptar o processo dinamicamente em tempo de execução, objetivando mantê-lo alinhado aos objetivos traçados para ele (NUNES, 2011).

A identificação dos elementos de contexto (instâncias de Elemento_Contextual no Metamodelo de Contexto) a partir do modelo de processos (construído a partir do Metamodelo de Processos) foi alvo do trabalho apresentado por ANASTASSIU (2012). O método, denominado ORGANON, possibilita a ampliação da percepção sobre os elementos de contexto imediato e interno relevantes, de modo a poder identificá-los para uma dada atividade de um processo de negócio de qualquer domínio. É composto por duas etapas: a primeira se destina a conhecer quais são as atividades consideradas essenciais de um processo de negócio; a segunda etapa se refere propriamente à análise do impacto dos atributos, relacionados às atividades essenciais identificadas, no objetivo do processo de negócio modelado, caracterizando-os como elementos de contexto relevantes.

A possibilidade de analisar e realizar adaptações dinâmicas em processos pode ser traduzida em procedimentos e tecnologias que permitam detectar mudanças nas instâncias dos processos sem comprometer sua execução, apoiar as mudanças efetivas e necessárias e reduzir custos associados (MEJIA BERNAL et al., 2010).

2.1.1. Tipos de Flexibilidade de Processos

Quando um processo opera num ambiente dinâmico, é desejável incorporar o suporte para as várias alternativas de execução que podem surgir dentro do modelo do processo. Em tempo de execução, o caminho mais adequado pode ser selecionado entre aqueles codificados no modelo de processo de tempo de design. Nesse tipo de flexibilização, chamada Flexibilidade em Tempo de Desenho, são incorporados caminhos de execução alternativos dentro do próprio modelo de processo em tempo de design, que permite a seleção do caminho de execução mais adequado a ser feita em tempo de execução para cada instância do processo (NUNES, 2011).

Algumas instâncias do processo necessitam desviar-se temporariamente da sequência de execução descrita pelo modelo de processo, a fim de acomodar mudanças no

ambiente operacional encontradas durante a execução. Por exemplo, pode ser apropriado trocar a ordem de registro de pacientes e executar tarefas de triagem numa situação de emergência. O modelo de processo global e suas tarefas constituintes permanecem inalterados. Trata-se da Flexibilidade por Desvio, que tem a capacidade de desviar uma instância de processo em tempo de execução do caminho de execução prescrito pelo processo original, sem alterar o seu modelo. O desvio só pode abranger mudanças na sequência de execução das tarefas no processo para uma instância de processo específico, não permite alterações no modelo de processo ou as tarefas que o compõem (SCHONENBERG; MANS et al, 2008).

Existem alterações ad hoc que ocorrem em uma base individual, ou seja, apenas um único caso ou um conjunto limitado de casos é afetado. A mudança é o resultado de um erro, um acontecimento raro, ou exigências específicas do cliente. Exceções frequentemente resultam em mudanças ad hoc (XIA E WEI, 2008). Esse tipo de mudança é muitas vezes iniciada por algum fator externo, podendo significar a reestruturação de parte das instâncias em execução que possuam características semelhantes ou, no caso mais radical, podendo significar a reestruturação do modelo do processo (REGGEV et al., 2007, WEBER et al., 2009) por tempo determinado ou de forma definitiva. Um dilema típico relacionado à mudança ad hoc é o problema de decidir que tipos de mudanças são permitidos, além do fato de que é impossível prever todas as mudanças possíveis.

Existe ainda a Flexibilidade por Subespecificação, que é a capacidade de executar um modelo de processo incompleto em tempo de execução, ou seja, um modelo de processo que não contenha informações suficientes para permitir que ele seja executado até o fim. Note-se que este tipo de flexibilidade não exige um modelo a ser alterado em tempo de execução, uma vez que o modelo ainda precisa ser concluído, proporcionando uma realização concreta para as partes indefinidas (SCHONENBERG; MANS et al, 2008).

2.1.2. Adaptação Dinâmica de Processos de Negócio através da gestão de contexto

Em NUNES (2012), é apresentada uma proposta para apoiar uma organização na adaptação dinâmica de processos de forma automática e aderente aos seus objetivos. Trata-se de uma abordagem orientada à gestão de contexto para solucionar o problema da

adaptação dinâmica de processos, cujas atividades caracterizam sua execução, e identificam e realizam adaptações quando necessárias.

O Sistema de Gestão de Contexto (GCAdapt), apresentado na Figura 2.2 (NUNES et al, 2012), atua como um servidor central, apoiando o gerenciamento do ciclo de vida de contexto (captura, armazenamento, raciocínio e recuperação de contexto) para adaptação dinâmica de processo. O GCAdapt é composto por quatro componentes: Agregador, Mediador, Tratador e Atuador, além de mecanismos de captura de elementos contextuais e de mecanismos de implementação de processos, que variam de acordo com o ambiente da organização, o tipo de elementos contextuais considerados e o Sistema de Informação Sensível ao Processo utilizado.

O módulo Tratador gerencia as bases Definição de Situação e Regras de Adaptação no Repositório de regras de contexto. A base Definição de Situação contém o modelo de elementos contextuais e instâncias do processo associado à caracterização do contexto durante a execução. A base Regras de Adaptação mantém regras de adaptação do processo com base em situações de contexto.

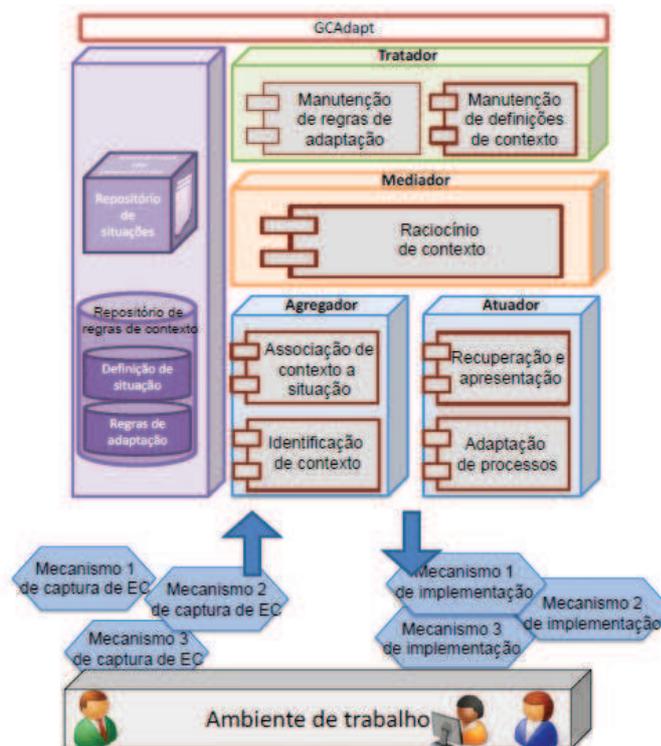


Figura 2.2 – Gadapt (NUNES, 2011).

A proposta aqui apresentada poderá atuar nessas duas bases, representando uma possível implementação para os dois componentes do módulo Tratador: Manutenção de Definição de Contexto e Manutenção de Regras de Adaptação, uma vez que estes possuem, respectivamente, a função de identificar novas situações, reconfigurar uma situação existente e pode excluir uma definição que não seja mais válida para a organização e identificar e definir novas regras de adaptação, alterar e excluir regras existentes. Assim, através do método proposto é possível manter atualizados o repositório de definições de contexto e o repositório de regras de adaptação. O primeiro mantém as definições de situação, assim como o modelo conceitual de contexto. O segundo mantém as regras de adaptação indicando para qual situação a regra foi definida.

A evolução do modelo conceitual de contexto pode ser aprimorada por técnicas de mineração, utilizando os repositórios de instâncias como base de coleta das informações de execução do processo, bem como as definições de situação (Nunes, 2012). Os conceitos de descoberta de conhecimento em base de dados e de mineração de dados compõem a segunda base teórica que fundamenta esse trabalho, e serão apresentados na próxima subseção.

2.2. Descoberta de Conhecimento em Base de Dados - DCBD

Seja qual for a área de atuação de uma organização, a grande quantidade de informações acumuladas nos bancos de dados informatizados pode esconder conhecimentos valiosos e úteis para a tomada de decisões. Portanto, é importante uma distinção precisa entre dados, informação e conhecimento. Os dados são elementos brutos, sem significado, desvinculados da realidade. São observações sobre o estado do mundo. Eles constituem a matéria-prima da informação. As informações são dados com significado, dotados de relevância e propósito, ou seja, dados contextualizados que visam fornecer uma solução para determinada situação de decisão. A informação pode ser considerada como desprovida de significado e de pouco valor, funcionando como matéria-prima para obter conhecimento. O conhecimento é a informação mais valiosa precisamente porque alguém deu à informação um contexto, um significado, uma interpretação. O conhecimento pode então ser considerado como a informação processada por indivíduos. O valor agregado à informação depende dos conhecimentos anteriores desses indivíduos (ANGELONI, 2003).

Identificar, organizar e armazenar quantidades grandes de dados obtidos através da execução de suas operações diárias tem se mostrado atividades de grande importância e que requerem eficiência por parte das organizações. Contudo, essas atividades exigem perspicácia na hora de utilizar esses dados e sabedoria para transformá-los em conhecimento a ser aproveitado pela própria empresa durante a execução de seus processos. A exploração de dados pode ser vista como um resultado da evolução natural da tecnologia da informação. No entanto, a enorme quantidade e o crescimento rápido dos dados coletados e armazenados em grandes e numerosos repositórios de dados ultrapassaram a capacidade humana de compreensão (HAN E KAMBER, 2006).

A sigla DCBD significa “Descoberta de Conhecimento em Base de Dados” (Em inglês, KDD - Knowledge Discovery in Database) e refere-se à extração de conhecimento, pois se trata de um processo de extração de informações provinda de uma base de dados (BRACHMAN E ANAND, 1996). As informações extraídas possuem uma relação de interesse por assunto e de validade por cada dado extraído (SANTOS, 2001). Segundo FAYYAD (1996b) trata-se de processo não trivial de identificação, a partir de dados, de padrões que sejam válidos, novos, potencialmente úteis e compreensíveis. Este processo é composto por várias etapas incluindo: preparação dos dados, busca de padrões, avaliação do conhecimento e refinamentos. Esse processo surgiu para dar vazão ao trabalho sobre o volume de bases de dados que se expandiam exponencialmente, sendo necessário para automatizar a exploração de cada base de dados e reconhecimento de padrões de modelagem de informação (HAN E KAMBER, 2006). O objetivo fundamental do DCBD é descobrir conhecimento útil, válido, relevante e novo sobre uma determinada atividade através de algoritmos, tendo em conta as ordens de magnitude crescente nos dados (BRACHMAN E ANAND, 1996).

O processo de descoberta de conhecimento em base de dados segue uma série de etapas planejadas em sequência, havendo a possibilidade de retorno às etapas já executadas que apresentaram descobertas de informações (HAN E KAMBER, 2006) (BRACHMAN E ANAND, 1996). A sequência iterativa de passos para realização do DCBD é feita conforme a Figura 2.3, onde a definição de cada etapa é (HAN E KAMBER, 2006; BRACHMAN E ANAND, 1996):

- Definição do problema e Seleção dos dados: Consiste em definir o domínio do problema, os requisitos e objetivos dos usuários finais, além da seleção ou segmentação dos dados apropriados para a análise de acordo com algum critério.
- Limpeza e Pré-processamento dos dados: Remoção de ruído, dados inconsistentes, tratar dados faltantes e reconfiguração dos dados para assegurar formatos consistentes.
- Transformação dos dados: Padronização dos dados através da transformação e consolidação deles em forma apropriada para mineração. Com métodos de redução de dimensionalidade ou transformação, o número efetivo de variáveis em consideração pode ser reduzido, ou representações invariantes para os dados podem ser encontradas;
- Mineração dos dados (Data Mining): Escolha do método de descoberta de padrões, seleção do algoritmo de mineração de dados e efetiva busca por padrões de interesse em uma forma particular de representação;
- Interpretação dos dados: Interpretar o conhecimento extraído através de ferramentas estatísticas. Caso observe-se que o conhecimento é irrelevante, refazer a etapas anteriores;
- Apresentação do Conhecimento: Técnicas de visualização e representação de conhecimento são usadas para apresentar ao usuário o conhecimento minerado;
- Consolidação do conhecimento descoberto: Utilização direta do conhecimento ou incorporação dele por outro sistema, ou atualização da base de conhecimento ou a documentação através de relatórios.

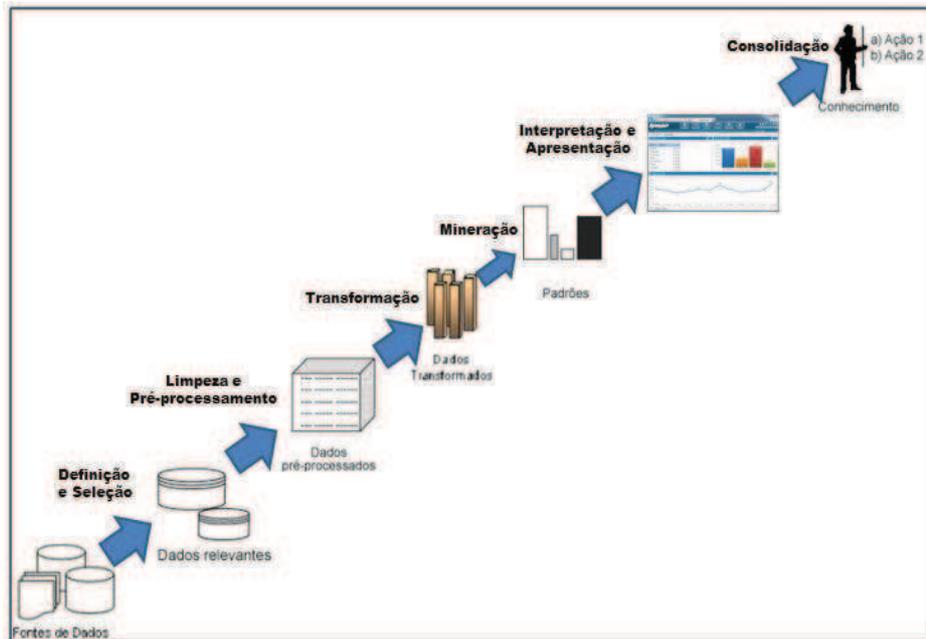


Figura 2.3 - Fluxo DCBD (HAN E KAMBER, 2006) (BRACHMAN E ANAND, 1996).

2.2.1. Tarefas de Mineração de dados

A mineração de dados pode ser utilizada para identificar diversos tipos de padrões. Basicamente, ela pode ser dividida em duas categorias: Descritiva e Preditiva (FAYYAD et al, 1996; HAN E KAMBER, 2006). Os tipos de mineração de dados descritivos são aqueles que objetivam descrever os dados da base, ou seja, se concentram em encontrar padrões interpretáveis por humanos para descrever os dados. Já os tipos de mineração de dados preditivos envolve o uso de algumas variáveis ou campos no banco de dados para prever valores desconhecidos ou futuros de outras variáveis de interesse. Embora as fronteiras entre previsão e descrição não sejam nítidas (alguns dos modelos preditivos podem ser descritivos, na medida em que eles são compreensíveis, e vice-versa), a distinção é útil para a compreensão do objetivo geral da descoberta (FAYYAD et al, 1996).

Dentre as diferentes funcionalidades ou tarefas da mineração de dados, têm-se:

- Generalização de Dados e Descrição de conceito: Trata-se de uma atividade de mineração descritiva. Generalização dos dados sumariza-os substituindo os valores de baixo nível (como os valores numéricos para um atributo idade) em conceitos de alto nível (tais como: jovens, de meia-idade, e sênior). Dada a grande quantidade de dados armazenados torna-se útil para

ser capaz de descrever classes ou conceitos de uma maneira concisa, precisa e resumida. Pode ser implementada usando: Cubo de Dados (Baseado em OLAP - On-line Analytical Processing, Processamento Analítico On Line) ou através da Indução orientada ao Atributo.

- Associação: Consiste em encontrar os conjuntos de itens (*itemsets*) que ocorrem simultaneamente e de forma frequente em um banco de dados. Será a técnica utilizada nessa dissertação e assim será detalhada na subseção 2.2.2.
- Classificação e Predição: Classificação é a busca por uma função que permita associar corretamente cada registro de um banco de dados a um único rótulo categórico, denominado classe, simplificando, aprender uma função que mapeia (classifica) um item de dados em uma das várias classes predefinidas. O objetivo é ser capaz de usar a função para prever a classe de objetos cuja classe é desconhecida.
- Segmentação/Agrupamento: Identificar um conjunto finito de categorias ou *clusters*, de forma que em um *cluster* compartilhe as mesmas propriedades, distinguindo dos elementos de outros *clusters*, sem ter que consultar classes predefinidas, uma vez que classificação em classes não faz parte do treinamento.
- Análise evolutiva: Consiste em descrever e modelar regularidades ou tendências para objetos cujo comportamento muda ao longo do tempo.

2.2.2. Regra de Associação e o Algoritmo Apriori

Mineração por padrão frequentemente busca por relacionamentos recorrentes em um determinado conjunto de dados. Mineração por conjunto de itens frequentes leva à descoberta de associações e correlações entre os itens de grandes conjuntos de dados transacionais ou relacionais. Com grandes quantidades de dados a serem recolhidos e armazenados de forma contínua, muitas indústrias estão se interessando em minerar tais padrões em seus bancos de dados. A descoberta de relações interessantes em registros de transações de negócios pode ajudar em muitos processos de tomada de decisão em negócios (HAN E KAMBER, 2006).

O objetivo de aplicar alguma tarefa de mineração de dados é encontrar associações fortes entre os elementos contextuais. Para tal, pode-se utilizar correlação (estatística), mas será necessário exaurir todas as possibilidades para encontrar os conjuntos mais relevantes ou regra de associação, que permite encontrar essas associações de forma automática. Dessa forma, para construção do método a ser proposto optou-se pelo uso de regra de associação.

Seja $I = \{I_1, I_2, \dots, I_m\}$ um conjunto de itens. Seja TDB, os dados relevantes para a tarefa, um conjunto de operações de banco de dados onde cada transação T é um conjunto de itens tal que $T \subseteq I$. Cada transação é associada com um identificador, chamado TID. Seja A um conjunto de itens. Uma transação T é dita que contém A se e somente se $A \subseteq T$. Uma regra de associação é uma implicação da forma $A \Rightarrow B$, onde $A \subset I, B \subset I$, e $A \cap B = \emptyset$ (HAN E KAMBER, 2006). A é denominado antecedente e B denominado conseqüente da regra. Tanto o antecedente, quanto o conseqüente de uma regra de associação podem ser formados por conjuntos contendo um ou mais itens. O suporte de um conjunto de itens Z , $\text{Sup}(Z)$, representa a porcentagem de transações da base de dados que contém os itens de Z . O suporte de uma regra de associação $A \Rightarrow B$, $\text{Sup}(A \Rightarrow B)$, é dado por $\text{Sup}(A \cup B)$. Já a confiança desta regra, $\text{Conf}(A \Rightarrow B)$, representa, dentre as transações que contém A , a porcentagem de transações que também contém B , ou seja, $\text{Conf}(A \Rightarrow B) = \text{Sup}(A \cup B) \div \text{Sup}(A)$ (GONÇALVES, 2005).

Um conjunto de itens é referido como um *itemset*. Um *itemset* que contém k itens é um *k-itemset*. A frequência de ocorrência de um *itemset* é o número de operações que contém o *itemset*. Isto também é conhecido como frequência, contagem de apoio, ou contagem de *itemset*. Nota-se que o suporte citado anteriormente como s é por vezes referido como o suporte relativo, ao passo que a frequência de ocorrência é chamada de suporte absoluto. Se o suporte relativo de um *itemset* I satisfaz um suporte com limite mínimo pré-especificado (isto é, o suporte absoluto de I satisfaz a limiar mínimo correspondente de frequência de ocorrência de um *itemset*), então I é um *itemset* frequente (HAN E KAMBER, 2006).

Em geral, a mineração por regra de associação pode ser vista como um processo em duas etapas:

1. Encontrar todos os *itemsets* frequentes: Por definição, cada um desses *itemsets* irá ocorrer pelo menos com a frequência mínima do limiar inferior do suporte pré-estabelecido, $\min \text{sup}$.
2. Gerar fortes regras de associação dos *itemsets* frequentes: Por definição, essas regras devem satisfazer tanto ao suporte mínimo quanto a confiança mínima (frequência mínima do limiar inferior da confiança pré-estabelecida).

Apriori é um algoritmo seminal proposto por AGRAWAL E SRIKANT (1994) para a mineração de *itemsets* frequentes para regras de associação booleanas (regra que envolve associações entre a presença ou ausência de itens) (HAN E KAMBER, 2006). Ele emprega uma abordagem iterativa conhecida como busca inteligente por nível, onde k -*itemsets* são usados para explorar $(k + 1)$ -*itemsets*. Primeiro, o conjunto de 1-*itemset* frequente é encontrado através da análise do banco de dados onde a coleção de itens satisfaz o suporte mínimo. O conjunto resultante é designado L1. Em seguida, L1 é usado para encontrar L2, o conjunto de 2-*itemsets* frequentes, que é usado para encontrar L3, e assim em diante, até que nenhum k -*itemsets* frequentes possa ser encontrado. A descoberta de cada L_c exige uma verificação completa do banco de dados (AGRAWAL E SRIKANT, 1994).

Para melhorar a eficiência, uma propriedade importante é utilizada para reduzir o espaço de busca: por definição, se um *itemset* "I" não satisfaz o limiar mínimo de suporte ($\min \text{sup}$) então I não é frequente, ou seja, $P(I) < \min \text{sup}$. Se um item A é adicionado ao *itemset* I, em seguida, o *itemset* resultante (isto é, $I \cup A$) não pode ocorrer com mais frequência do que I. Portanto, $I \cup A$ não é frequente, isto é, $P(I \cup A) < \min \text{sup}$. Esta propriedade pertence a uma categoria especial de propriedades chamadas anti-monotonia no sentido de que, se um conjunto não pode passar por um teste, todos os seus superconjuntos também falharão ao mesmo teste. Ela é chamado anti-monótona porque a propriedade é monótona no contexto de falha a um teste (AGRAWAL E SRIKANT, 1994). Foi escolhido o algoritmo Apriori por ser um dos melhores algoritmos e mais comumente utilizado para técnica de regra de associação, conforme WU et al. (2007). O algoritmo evita a explosão combinatória de *itemsets* baseando-se no princípio de que se um item não é frequente, nenhum de seus superconjuntos será tampouco frequente.

A geração do conjunto I com os *itemsets* frequentes em pseudocódigo é feita da seguinte forma:

```

 $C_k$ : Candidato a itemset de tamanho  $k$ 
 $L_k$ : Itemset frequente de tamanho  $k$ 
 $L_1 = \{\text{itens frequentes}\}$ ;
for ( $k = 1$ ;  $L_k \neq \emptyset$ ;  $k++$ ) do begin
     $C_{k+1}$  = candidatos gerados a partir  $L_k$ ;
    for each transação  $t$  no banco de dados do
        incremente o contador de todos candidatos presentes em  $C_{k+1}$ 
        que estão contidos em  $t$ 
     $L_{k+1}$  = candidatos em  $C_{k+1}$  com min sup
    end
return  $\cup_k L_k$ ;

```

A tarefa de mineração escolhida para ser aplicada nesse trabalho foi a regras de associação, sendo executada apenas a primeira etapa, não sendo necessário Gerar fortes regras de associação e consequentemente não fazendo uso do fator Confiança. Foi escolhido o algoritmo Apriori, por ser um dos melhores algoritmos para técnica de regra de associação, conforme WU et al. (2007). O algoritmo evita a explosão combinatória de *itemsets* baseando-se no princípio de que se um item não é frequente, nenhum de seus superconjuntos será tampouco frequente.

Para um melhor entendimento temos o seguinte exemplo apresentado na Figura 2.4:

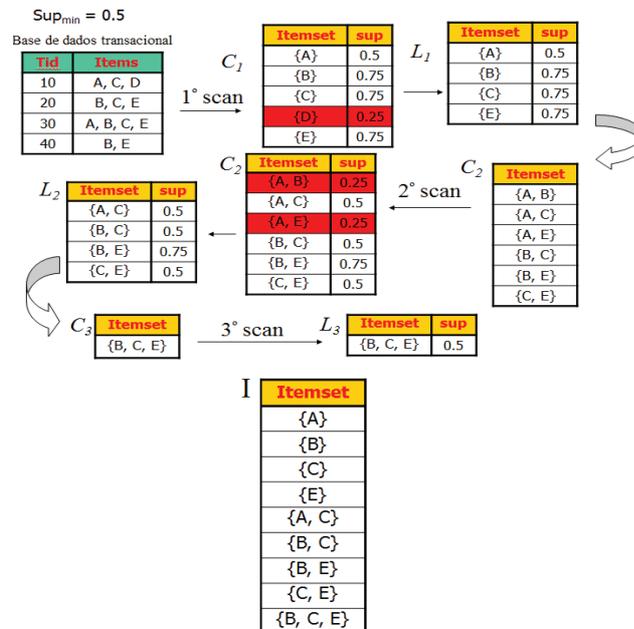


Figura 2.4 - Exemplo de geração do conjunto I de itens frequentes (*itemset*).

Uma vez que os *itemsets* frequentes das transações de um banco de dados T foram encontrados, é simples gerar regras de associação fortes para eles (onde as regras de associação fortes satisfazem tanto suporte mínimo quanto a confiança mínima). As regras de associação podem ser geradas da seguinte forma (AGRAWAL E SRIKANT, 1994):

1. Para cada *itemset* frequente existente em I, gerar todos os subconjuntos não vazios de I.
2. Para cada subconjunto não vazio s de I, a saída da regra será " $s \Rightarrow (I - s)$ ", se $(\text{suporte}(I) / \text{suporte}(s)) \geq \text{conf min}$, onde conf min é o limite mínimo da confiança.

Como as regras são geradas a partir de *itemsets* frequentes, cada uma satisfaz automaticamente o suporte mínimo.

2.3. Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentados os principais conceitos que fundamentam esta dissertação: Adaptação de Processo de Negócio através do contexto e Descoberta de Conhecimento em Base de Dados. No próximo capítulo, são apresentados o método computacional e o sistema construídos para inferir a necessidade de modificações na base de situações e sugerir potenciais novas situações.

3. Proposta: Método Computacional

Neste capítulo apresentamos a proposta que através de um método computacional apoiado pelo uso do algoritmo Apriori irá sugerir novas situações, indicar a necessidade de modificações nas regras de adaptação e indicar a necessidade de busca de novos elementos contextuais. Na seção 3.1 tem uma breve justificativa da importância em aprender com o dinamismo de Contexto. Na sub-seção 3.1.1 é apresentado o cenário típico para aplicação do método proposto, na sub-seção seguinte, 3.1.2, é apresentado o formato esperado para o log a ser examinado pelo método. Na seção 3.2 o método proposto é apresentado e em suas sub-seções são apresentados cada um dos cenários passíveis de aplicação do método (3.2.1 Cenário para instâncias adaptadas e 3.2.2 Cenário para instâncias não adaptadas) e são apresentadas as etapas de análise do log. Na seção 3.3 é apresentado o sistema desenvolvido para apoiar a identificação de novas possíveis situações. Por fim, na seção 3.4 são apresentadas as conclusões do capítulo.

3.1. Aprendendo com o dinamismo de Contexto

Em um cenário de processos de negócio, adaptações nos processos são causadas por mudanças nas situações, ou seja, uma mudança no contexto dispara uma adaptação se a situação for alterada (BETTINI et al., 2010). A proposta de solução é um método computacional que irá inferir a necessidade de atualização das situações e regras de adaptação e, quando necessário, sugerir evoluções para elas visando uma adaptação dinâmica contextualizada de processos de negócio independente do domínio. Atualizar a base de regras de adaptação significa mantê-las condizentes com os objetivos traçados para o processo e atualizar a base de situações significa mantê-las factíveis de acontecer durante

a execução do processo, dado que uma situação mapeada por ocorrer com frequência pode, com o tempo, não acontecer mais durante as execuções de instâncias do processo.

Analisar o histórico de execução de instâncias de processo é importante, uma vez que situações e regras de adaptação inicialmente são definidas levando-se em consideração a expertise dos especialistas de negócio. Além disso, após diversas execuções do processo, devido ao grande volume de dados gerado, fica cada vez mais complicado analisar manualmente se as situações e regras de adaptação definidas permanecem atuais e condizentes com o momento de execução de novas instâncias.

3.1.1. Cenário típico do problema

A natureza dinâmica de um ambiente de negócio moderno faz com que os processos estejam sujeitos a um grande espectro de variações e precisem demonstrar abordagens flexíveis para lidar com estas variações se pretendem continuar viáveis. O desafio é prover flexibilidade e suporte ao processo ao mesmo tempo (SCHONENBERG; MANS et al, 2008). Este aspecto está relacionado ao uso de uma infraestrutura tecnológica de apoio à execução e adaptação dinâmica de processos de forma automatizada. Os PAIS (*Process-Aware Information Systems*) têm esta função na operacionalização dos processos de negócio. Segundo Nunes (2011), PAIS podem ser tanto aplicações genéricas utilizadas por múltiplos departamentos dentro de uma mesma organização (por exemplo, *Workflow Management Systems* – WfMS ou *Business Process Management System* - BPMS) ou aplicações voltadas para um domínio de atuação específico (por exemplo, *Enterprise Resource Planning* - ERP). Esse é o cenário da proposta: ambiente de negócio de natureza dinâmica, com processo de negócio conhecido, modelado, e automatizado através de um sistema, que pode ser, por exemplo, através de um PAIS.

Nesse cenário, para que a adaptação faça sentido e seja efetiva é fundamental que o processo tenha bem claro o(s) seu(s) objetivo(s) e esses devem ser factíveis de serem medidos através de metas estabelecidas. Dado que o processo é automatizado, é imprescindível que o log desse sistema seja armazenado, acompanhando do início ao fim cada instância executada do processo. É necessário que situações e regras de adaptação sejam conhecidas, e caso alguma instância sofra interferência de alguma situação e utilize alguma regra de adaptação, isso precisa estar também armazenado no log.

Como ilustração, consideremos o seguinte cenário: empresa CaboTV que realiza venda de TV a cabo. O processo de venda está automatizado em um sistema BPMS e está retratado na Figura 3.1, modelado com o software Bizagi Process Modeler (BIZAGI, 2013) usando a notação BPMN 1.2 (OMG, 2013). Essa empresa, até o ano de 2012, vendia tv a cabo apenas para clientes PF (Pessoa Física). Contudo, em Janeiro de 2013, para acompanhar o mercado, decidiu começar as vendas para clientes PJ (Pessoa Jurídica). Manteve-se o processo, entretanto o objetivo traçado passou a ser vender para PJ, com a meta de realizar uma ativação por dia.

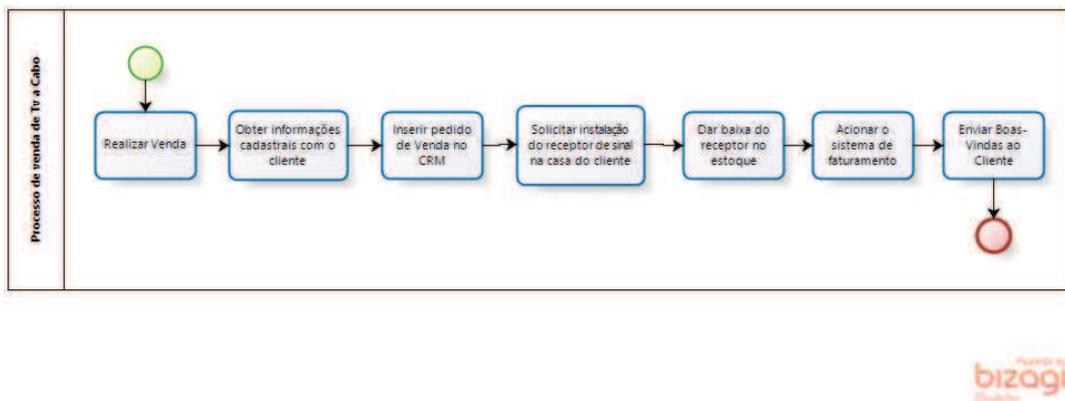


Figura 3.1 - Processo de Venda de TV a Cabo.

Para a atividade “Inserir pedido de venda no CRM” foram identificados três elementos contextuais:

- Tipo de Cliente: PF ou PJ. Valor esperado/padrão: PJ
- Análise de Crédito: Aprovada ou Negada. Valor esperado/padrão: Aprovada
- Viabilidade Técnica: Ok e NOK. Valor esperado/padrão: Ok

Para essa mesma atividade foi definida a Situação caracterizada por: Situação1 = {TipoCliente = PJ, AnaliseCredito = Negada}. Toda vez que essa situação ocorre o processo de venda é interrompido, gerando a perda da venda. Para contornar tal situação foi definida uma regra de adaptação que “Se Situação1 ocorrer Então deve ser enviado um e-mail para o Backoffice, com o numero do pedido no CRM e alguns dados do cliente solicitando aprovação imediata por exceção para esse cliente.” Com essa regra aplicada, o processo segue seu fluxo normal, e a venda para PJ é realizada com sucesso.

3.1.2. Formato do Log

Uma das premissas da proposta é a existência de um repositório com as informações sobre as instâncias do processo que está em execução. Esse repositório será estabelecido através do log gerado pelo PAIS, e é composto pelas seguintes tabelas, cada uma contendo a descrição:

- **Processo:** Informações sobre processo, tal como o nome do processo e a que organização ele pertence;
- **Instância_processo:** Informações sobre cada instância executada do processo, tal como a resposta se ela atingiu o objetivo traçado, a data de execução dessas instâncias e o executor;
- **Objetivo:** Informações sobre o(s) objetivo(s) traçado(s) para o processo, tal como a descrição dele(s);
- **Meta:** Informações sobre a(s) meta(s) traçadas por objetivo, tal como a descrição dela(s);
- **Atividade:** Informações sobre a(s) atividade(s) do processo, tal como o nome da atividade e a indicação de qual a próxima atividade após a execução dela;
- **Situação:** Informações sobre a(s) situação(ões) mapeada(s) para cada atividade, tal como a definição dela construída através da combinação de elementos contextuais instanciados;
- **Elemento Contextual:** Informações sobre os elementos contextuais que atuam em uma dada atividade, tal como o nome do elemento, o mecanismo que o captura, o período de coleta de informações sobre ele e o possíveis valores que ele pode assumir;
- **Regra de Adaptação:** Informações sobre as regras de adaptação mapeadas, tal como a ação para contornar uma dada situação. Caso a situação deixe de existir, a regra de adaptação associada a ela também deixa de existir (relacionamento de composição);
- **Instância Atividade:** Informações sobre cada instância executada de cada atividade tal como a data de execução dessas instâncias e o executor. Além disso, sempre que uma instância de uma atividade sofrer interferência de uma situação essa relação deve ser sinalizada, assim como qual a regra de adaptação utilizada pra contornar.

iguais aos objetivos do processo for maior do que um parâmetro estipulado previamente por especialistas, então existe uma necessidade de determinar qual é a razão potencial para o problema. Dessa forma, com a mineração de dados, através do algoritmo Apriori, será possível, tal como visto no fluxo da Figura 3.3:

- Sugerir novas Situações e atualizar a base de situações ou Indicar a necessidade de modificações nas regras de adaptação – Cenário A;
- Indicar a necessidade da identificação de novos elementos contextuais – Cenário B.

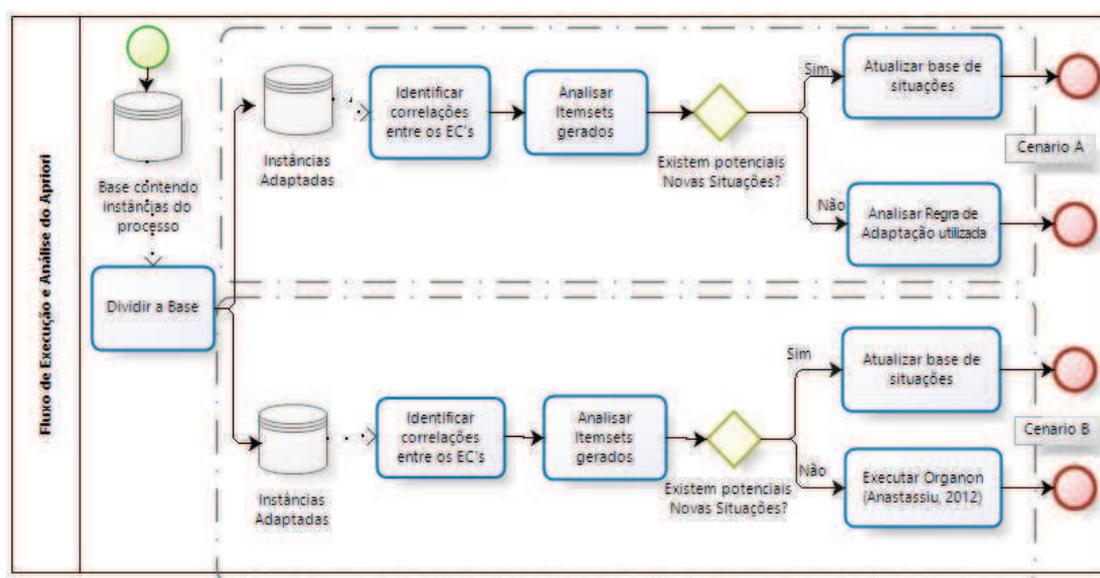


Figura 3.3 - Fluxo da Proposta considerando os 2 cenários.

A extração de dados deve ser realizada ao longo do tempo, em um intervalo definido pelos especialistas do processo. O objetivo é garantir que o modelo de contexto esteja sempre atualizado, através do exame de forma contínua da relevância das situações pré-definidas e, conseqüentemente, das regras de adaptação que devem ser usadas para resolvê-las, e também os elementos contextuais que são combinados para defini-las. Deve ser aplicada em duas condições diferentes: instâncias adaptadas, conforme visto na Figura 3.4, e instâncias que não precisaram ser adaptadas, apresentado na Figura 3.5. Depois disso,

em ambas as condições, a análise dos *itemsets* gerados pelo Apriori deve ser feita para identificar *itemsets* que tenham pelo menos um elemento contextual com um valor não-padrão e não faz parte de uma situação já definida; estes *itemsets* são fortes candidatos para explicar uma nova situação.

O método proposto deve ser executado periodicamente para capturar e analisar cada um dos dois cenários prováveis que podem ter ocorrido entre as instâncias do processo dentro do log. Entretanto, a execução do método não precisa ser feita a cada nova instância executada. Essa periodicidade está mais associada ao percentual de tolerância dos especialistas à ocorrência de instâncias que não atingiram o objetivo dentro do conjunto de todas as instâncias já executadas.

Nas subseções seguintes, são descritos os Cenários do método.

3.2.1. Cenário A – Instâncias Adaptadas

A primeira condição a ser analisada será avaliar as instâncias em que ocorreu uma situação, a regra de adaptação correspondente foi aplicada, mas o objetivo do processo não foi atingido. As possíveis razões para isso podem estar na definição da situação ou na definição da regra de adaptação utilizada.

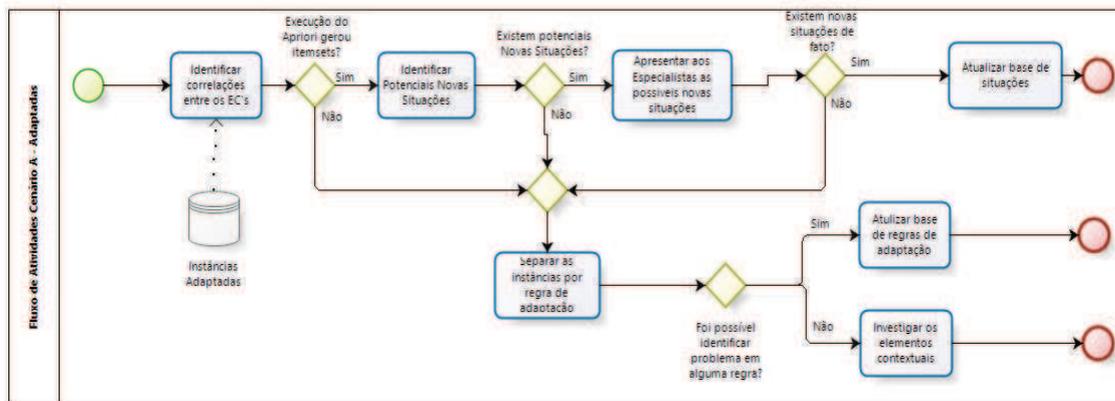
Nesse grupo de instâncias será executado o algoritmo Apriori. A execução do Apriori poderá gerar *itemsets*, que no nosso cenário indica um conjunto de pares “elemento contextual_valor” (Por exemplo: *tipopessoa_pj; analisacredito_negada*). A partir desses *itemsets*, será analisado se entre eles existem potenciais novas situações, onde potenciais novas situações são aqueles *itemsets* que possuem ao menos um elemento contextual fora do seu valor esperado/padrão e o *itemset* não seja uma situação já mapeada. Caso existam potenciais novas situações, elas serão apresentadas aos especialistas do processo que farão uma análise para definir se essas sugestões são de fato novas situações.

Se *itemsets* não foram gerados, ou o sistema não identificou potenciais novas situações ou uma nova situação não foi descoberta, então um dos problemas pode ser a regra de adaptação correspondente aplicada em tempo de execução. Por alguma razão, ela não ajuda mais a instância do processo a alcançar seu objetivo.

Portanto, a recomendação é que especialistas analisem a regra de adaptação aplicada, e desenhem novas estratégias para lidar com os problemas provocados pela

ocorrência de tal situação. A fim de tentar confirmar essa possibilidade e até mesmo poder indicar qual regra especificamente está com possibilidade de desatualização, o Apriori é executado novamente para cada regra de adaptação, ou seja, para cada grupo formado por instâncias que utilizaram uma dada regra. Caso os especialistas consigam comprovar que existem problemas em alguma regra de adaptação, então a base de regras de adaptação deve ser atualizada. Caso contrário, é sugerido que seja investigado se não existem novos elementos contextuais atuando no processo.

Na Figura 3.4, apresentamos o detalhamento do fluxo de atividades a ser executado para a análise das instâncias adaptadas.



bizagi

Figura 3.4 - Diagrama de atividades para instâncias adaptadas.

No cenário típico apresentado na subseção 3.1.1, observa-se que existiram instâncias em que o tipo cliente era PJ e a análise de crédito foi negada, fazendo com que a ação de enviar um e-mail para o Backoffice fosse disparada, e nenhuma venda fosse concretizada. Assim, de acordo com o método proposto, executa-se o Apriori para todas as instâncias em que essa situação ocorreu, analisando aquelas que não se concretizaram em venda efetiva (tv a cabo ativa na casa do cliente).

O Apriori pode gerar *itemset* contendo, além desses elementos contextuais com esses valores, o elemento contextual Viabilidade assumindo o valor NOK e essa composição poderia ser considerada uma nova situação, desde que confirmada pelo

especialista. A partir de então, a base de situações passa a contar com mais uma situação: Situação_x = {TipoCliente = PJ, AnaliseCredito = Negada, Viabilidade = NOk}. Por outro lado, pode ser que o Apriori não identifique nenhum novo padrão, com isso os especialistas teriam que fazer outras análises sobre o processo. Poderiam inferir, por exemplo, que o problema na verdade está nesse envio de e-mail ao Backoffice, e a partir daí eles decidem que não será mais enviado e-mail para o Backoffice, a nova ação é que a análise de crédito seja instantaneamente convertida em “aprovada”.

3.2.2. Cenário B – Instâncias Não Adaptadas

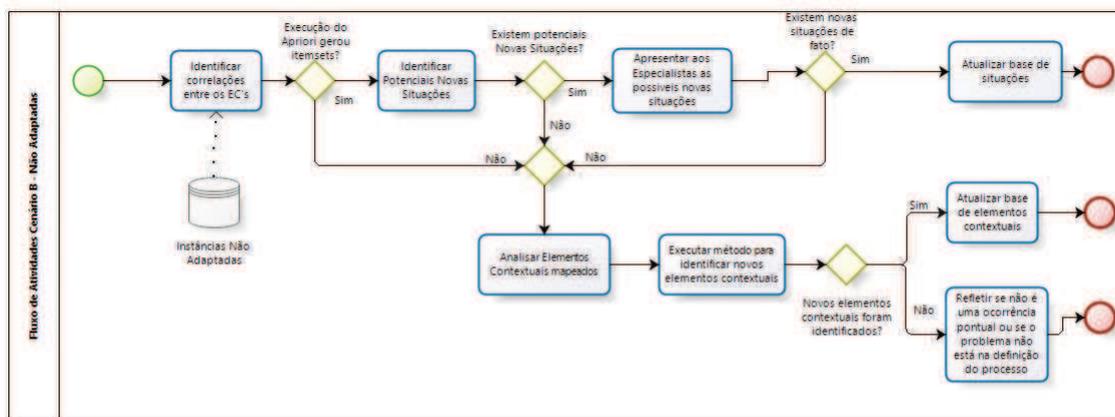
A segunda condição é exatamente o contrário: não houve necessidade de adaptação em tempo de execução (nenhuma situação foi identificada, portanto, nenhuma regra foi aplicada para adaptar), no entanto, percebe-se que os resultados de muitas dessas instâncias não são compatíveis com os objetivos do processo. As possíveis razões que justifiquem esse desalinhamento aos objetivos do processo podem estar na definição das situações ou no conjunto de elementos contextuais.

Nesse grupo de instâncias, será executado o algoritmo Apriori que poderá gerar *itemsets*. A partir desses *itemsets*, será avaliado se entre eles existem potenciais novas situações, onde potenciais novas situações são aqueles *itemsets* que possuem ao menos um elemento contextual fora do seu valor esperado/padrão e o *itemset* não seja uma situação já mapeada. Caso existam potenciais novas situações, elas serão apresentadas aos especialistas do processo que farão uma análise para definir se essas sugestões podem de fato se converter em novas situações.

Se *itemsets* não foram gerados, ou se entre os *itemsets* gerados o sistema não identificou potenciais novas situações ou uma nova situação não foi descoberta, então um dos problemas pode ser o conjunto de elementos contextuais identificados para o processo. Podem existir novos elementos contextuais que caracterizam e influenciam o processo e que não foram previamente identificados. Anastassiou (2012) propõe um método para a identificação de elementos contextuais de processos de negócios internos à organização através da análise do modelo de processo (citado na seção 2.1). Então, neste momento, sugerimos a execução desse método, a fim de descobrir outros elementos contextuais relevantes. Caso sejam descobertos novos elementos contextuais, eles deverão ser

monitorados e armazenados e, a partir daí, novas situações poderão ser descobertas a partir do @ISituation, sistema proposto nessa dissertação. Caso contrário, cabe uma análise do especialista para refletir se esse problema não pode ter acontecido de forma pontual, se caracterizando como uma ocorrência bem específica dessas instâncias, ou até mesmo verificar se o problema não está na definição do processo modelado.

Na Figura 3.5, apresentamos o detalhamento do fluxo de atividades a ser executado para a análise das instâncias não adaptadas.



bizagi

Figura 3.5 - Diagrama de atividades para instâncias não adaptadas.

No cenário típico apresentado na subseção 3.1.1, observa-se que existiram instâncias em que o tipo pessoa era PJ e a análise de crédito foi aprovada, ou seja, não existia situação mapeada para esse processo, logo não foi necessário adaptar através do envio do e-mail para o Backoffice. No entanto, ainda assim nenhuma venda gerou ativação da tv a cabo na casa do cliente. Desta forma, de acordo como método proposto, executa-se o Apriori para todas as instâncias que não concretizaram a venda.

O Apriori pode gerar *itemsets* contendo o elemento contextual Viabilidade assumindo o valor NOK, e esse fato, na visão do especialista, já poderia ser considerado uma nova situação que ele ache necessário contornar em tempo de execução. A partir de então, a base de situações passa a contar com mais uma situação: Situação_y = {Viabilidade = NOK}.

Por outro lado, pode ser que o Apriori não identifique nenhum novo padrão. Isso faz com que os especialistas sejam encorajados a executar o método Organon (ANASTASSIU, 2012), através do qual ele pode descobrir que existe um novo elemento contextual atuando no processo: Disponibilidade do Instalador, que pode assumir os valores atuação padrão ou atuação interrompida (por exemplo, uma greve).

3.2.3. Analisando o Log

A análise do log poderá ser feita em grupos. Consideremos duas divisões: Primeiro divide as instâncias entre “adaptadas” e “não adaptadas”. Para as adaptadas, poderão ser feitos mais 2 tipos de divisões (Independente do resultado X só as que não atingiram o objetivo; análise por regra de adaptação x independente de qual regra utilizou). Para as instâncias não adaptadas poderá ser feita mais uma divisão: Analisar só as instâncias que não atingiram o Objetivo ou Analisar todas as instâncias, independente dos seus resultados. A Figura 3.6 apresenta os agrupamentos possíveis das informações do log para a execução do algoritmo, organizadas em um Mapa Mental.

Dentre as instâncias que foram adaptadas em tempo de execução, ou seja, que sofreram interferência de uma situação e com isso aplicou-se a regra de adaptação mapeada para essa situação, existem as seguintes subdivisões:

- A. Aplicar o algoritmo para todas essas instâncias adaptadas, independente de qual regra foi aplicada, porém escolher apenas aquelas que não atingiram o objetivo do processo;
- B. Aplicar o algoritmo para cada conjunto de instâncias onde uma dada regra foi executada, porém escolher apenas aquelas que não atingiram o objetivo do processo;
- C. Aplicar o algoritmo para todas essas instâncias adaptadas, independente de qual regra foi aplicada, independente do resultado da execução, ou seja, analisar tanto as que atingiram o objetivo quanto as que não atingiram;
- D. Aplicar o algoritmo para cada conjunto de instâncias onde uma dada regra foi executada, independente do resultado da execução, ou seja, analisar tanto as que atingiram o objetivo quanto as que não atingiram.

Entre as instâncias que não sofreram nenhum tipo de adaptação em tempo de execução, uma vez que nenhuma situação durante a execução foi identificada existem as seguintes subdivisões:

- E. Aplicar o algoritmo para todas essas instâncias não adaptadas, porém escolher apenas aquelas que não atingiram o objetivo do processo;
- F. Aplicar o algoritmo para todas essas instâncias não adaptadas, independente do resultado da execução, ou seja, analisar tanto as que atingiram o objetivo quanto as que não atingiram.

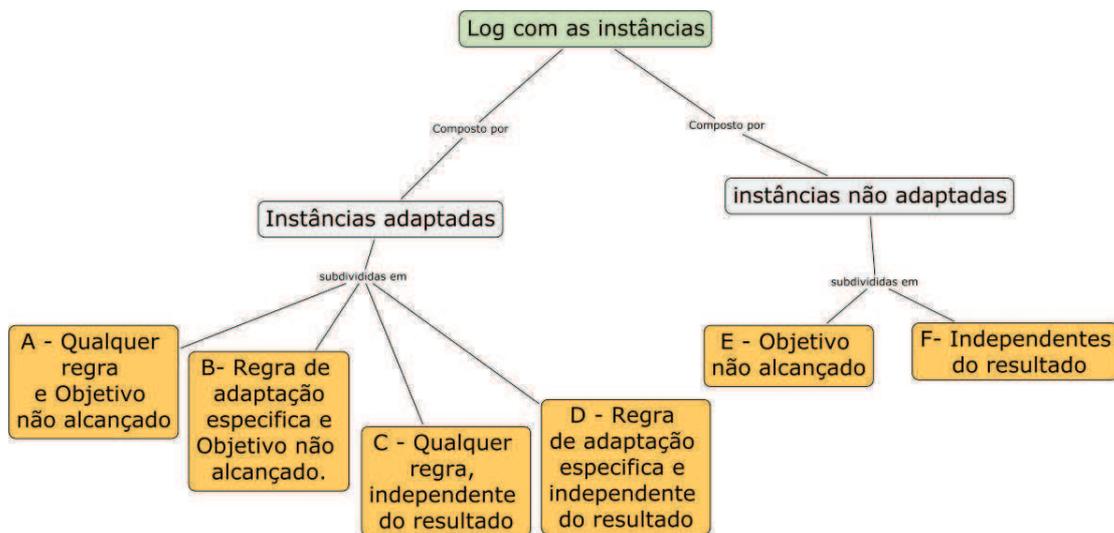


Figura 3.6 - Condições possíveis para execução do Apriori.

A próxima subseção apresenta como os resultados da execução do Apriori podem ser efetivamente apresentados aos especialistas de forma que possam ser úteis para auxiliar na identificação da causa do não alinhamento com os objetivos das instâncias que não foram capazes de atingi-los.

3.3. @ISituation: Sistema para atualização da Base de Situações

A depender do tamanho da base, do valor do suporte escolhido, da quantidade dos elementos contextuais sendo analisados e da variabilidade de ocorrência dos possíveis valores desses elementos, o Apriori pode gerar muitos *itemsets* sendo difícil identificar o que é uma possível nova situação do que não é. Como solução para este problema, foi construído, como parte desta proposta, um sistema que filtra os *itemsets* gerados

apresentando somente aqueles compostos por pelo menos um elemento contextual fora do seu valor esperado/padrão e que não representem uma situação já mapeada, chamados de potenciais situações. Essas potenciais situações são apresentadas aos especialistas, que irão confirmar quais delas são de fato novas situações, e dessa forma a atualização da base de situações será feita automaticamente.

O sistema *@ISituation*² foi desenvolvido utilizando a linguagem Java. O sistema apresenta duas interfaces, uma de inserção dos arquivos de entrada e outra com a listagem dos candidatos a nova situação na qual é possível fazer uma seleção de quais candidatos são de fato uma situação. Na Figura 3.7, é apresentado o diagrama de componentes modelado através do padrão UML pela ferramenta Visual Paradigm.

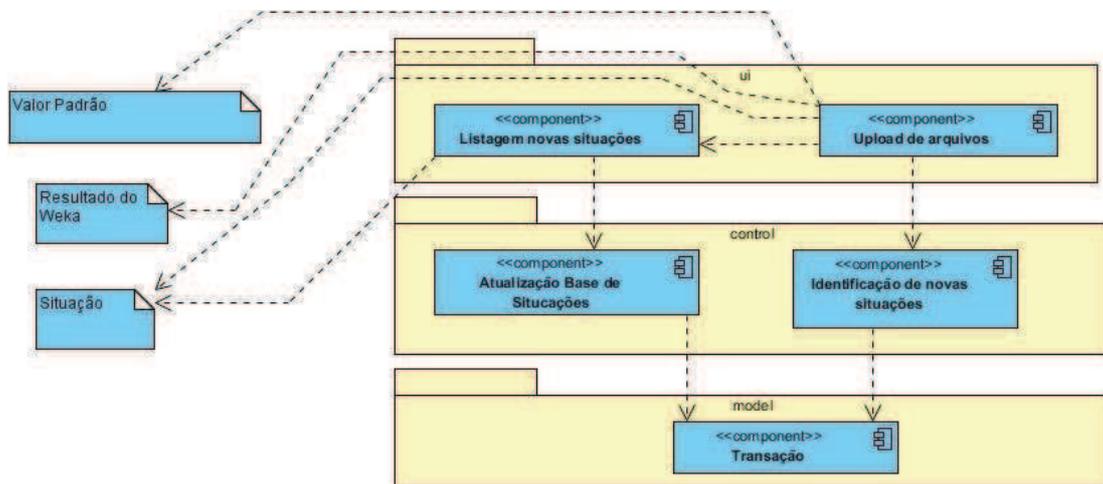


Figura 3.7 - Diagrama de Componentes @ISituation.

O sistema espera como parâmetros de entrada os seguintes arquivos:

- *Situação*: Arquivo texto contendo as situações já previamente mapeadas, uma por linha, escritas na forma: $SITUACAO_x = \{ec_1 = ec_{1_valor_1}, ec_2 = ec_{2_valor_2}, \dots\}$. Elementos contextuais com mais de uma palavra para o nome deverão ser escritos com todas as palavras unidas, sem espaço para separá-las.
- *Valor Padrão*: Arquivo texto contendo o valor esperado/padrão de cada elemento contextual, um por linha, escritos na forma: $ec_valorpadrao$.

² @ISituation: <http://sourceforge.net/projects/isituation/>

Elementos contextuais com mais de uma palavra para o nome deverão ser escritos com todas as palavras unidas, sem espaço para separá-las.

- *Resultado do Weka*: Arquivo texto contendo o resultado da execução do algoritmo Apriori gerado pelo WEKA³.

O sistema apresenta as potenciais situações através de uma listagem contendo em cada linha os *itemsets* que candidatos à situação escritos da seguinte forma: {ec₁_valor₁, ec₂_valor₂, ...}. Na Figura 3.8 são apresentadas as duas interfaces do sistema.

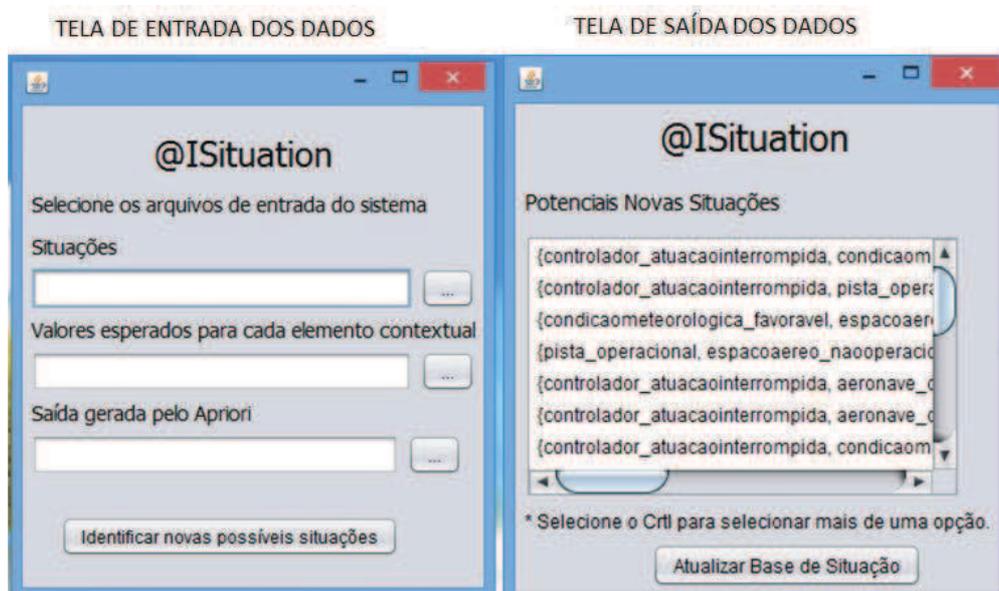


Figura 3.8 - Interfaces do @ISituation

O sistema executa os seguintes passos como fluxo padrão:

1. Para cada *itemset* do arquivo vindo do *Resultado do Weka* verifica se cada elemento contextual que o compõe está presente no arquivo vindo do campo *Valor Padrão*. Os *itemsets* compostos apenas por elementos contextuais que satisfaçam essa comparação serão desconsiderados.
2. Para cada *itemset* restante, compara com cada linha do arquivo vindo do campo *Situação*, verificando se nenhum dos *itemsets* já não representa uma

³ WEKA: <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka>

situação definida. Aqueles que já foram definidos como situações serão desconsiderados.

3. Os *itemsets* que restarem das verificações anteriores são apresentados na tela, um por linha e ordenados de forma crescente por tamanho, para que os especialistas escolham aqueles que configuram uma nova situação.
4. O arquivo utilizado no campo *Situação* será atualizado com as novas situações identificadas pelos especialistas.

Na Figura 3.9, são apresentadas as interfaces de execução para esse fluxo. Na Figura 3.10, são apresentadas as interfaces para os casos em o WEKA não identificará nenhum padrão ou para quando o sistema não identifique nenhuma potencial nova situação.

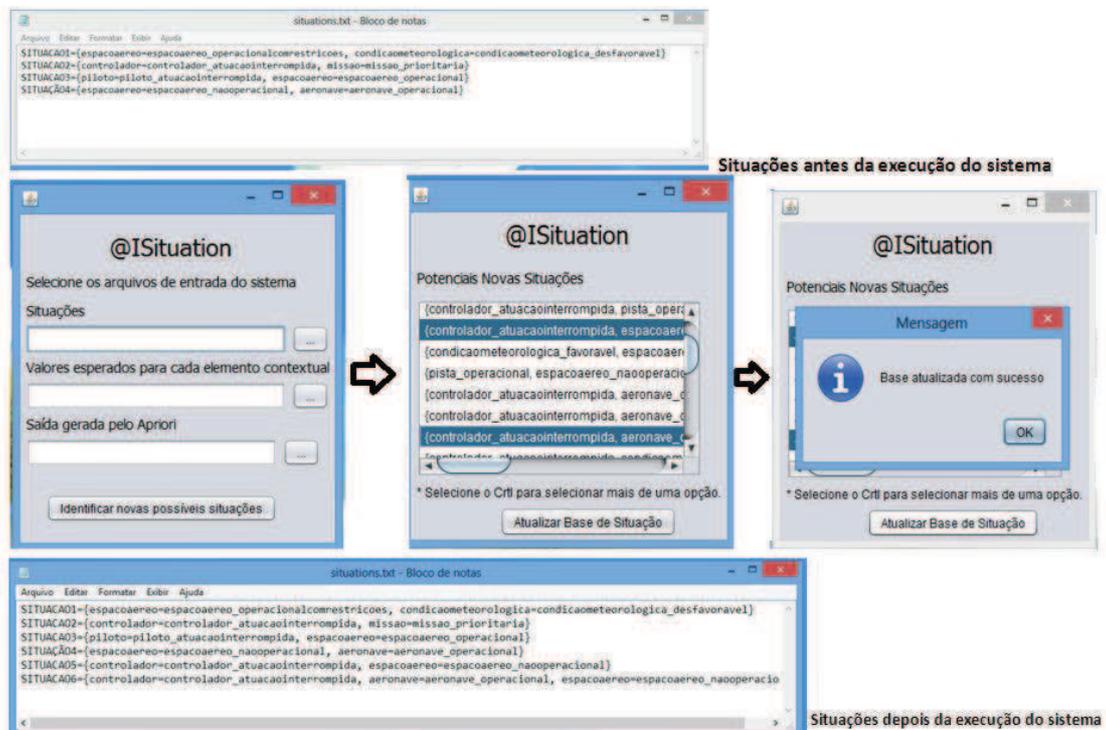


Figura 3.9 - Fluxo padrão de execução do @ISituation

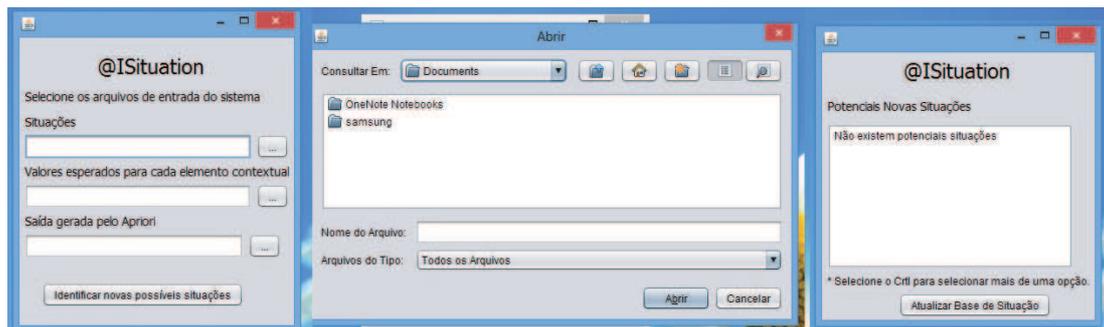


Figura 3.10 - Fluxo alternativo de execução do @ISituation

3.4. Conclusões do capítulo

O método proposto é composto por dois Cenários: Cenário A para instâncias que sofreram interferência de alguma situação e tiveram que ser adaptadas e o Cenário B para instâncias que não demandaram adaptação. No Cenário A, é possível sugerir novas situações para atualizar o modelo de contexto ou recomendar que o especialista verifique as regras de adaptação mapeadas, enquanto que no Cenário B, além de também ser possível sugerir novas situações, é recomendável que o especialista verifique o grupo de elementos contextuais que atuam nesse processo. Foi construído um sistema, como parte da proposta servindo de apoio computacional, objetivando facilitar a identificação de novas situações. Na seção seguinte, são apresentados o estudo de caso piloto, com análise de cada possível execução do Apriori, e um estudo de caso exploratório executado para discutir as questões da pesquisa.

4. Avaliação da proposta

Este capítulo apresenta a construção e execução de dois estudos de casos para o processo de decolagem de aeronave dentro do domínio de controle de tráfego aéreo. Esses Estudos foram realizados com o intuito de avaliar a viabilidade do método e discutir as duas questões de pesquisa que nortearam esse trabalho. Na seção 4.1 é apresentado o método de pesquisa escolhido e as justificativas para essa escolha. A seção 4.2 traz a construção do estudo de caso piloto e os seus resultados são apresentados nas suas subseções. A seção 4.3 traz a construção do estudo de caso exploratório e os seus resultados são apresentados nas suas subseções. Por fim, na seção 4.4 são apresentadas as discussões e conclusões sobre os estudos de casos realizados.

4.1. Método de Pesquisa

O método de pesquisa escolhido para avaliar as questões de pesquisa foi o estudo de caso exploratório. Num estudo de caso exploratório, não são estabelecidas proposições nem uma hipótese a ser falseada, mas a exploração deve ter um objetivo declarado. É uma abordagem útil para levantar problemas, identificar variáveis relacionadas ao fenômeno, investigar possíveis causas e consequências, elaborar algumas proposições (PIMENTEL, 2011). Segundo YIN (2010), o estudo de caso é um tipo de pesquisa que não requer controle sobre todos os eventos comportamentais e focaliza acontecimentos contemporâneos. Apesar de caracterizar na Figura 4.1 a forma de questão de pesquisa do estudo de caso com “como” e “por que” e a questão de pesquisa desse trabalho ser do tipo “o que”, o próprio YIN (2010) justifica que alguns tipos de questões "o que" são exploratórias. Esse tipo de questão é um fundamento lógico justificável para se conduzir um estudo exploratório, tendo como objetivo o desenvolvimento de hipóteses e proposições

pertinentes a inquirições adicionais. Entretanto, como estudo exploratório, qualquer uma das cinco estratégias de pesquisa pode ser utilizada - por exemplo, um levantamento exploratório, um experimento exploratório ou um estudo de caso exploratório.

Estratégia	Forma de Questão de Pesquisa	Exige controle sobre eventos comportamentais	Focaliza acontecimentos contemporâneos
Experimento	como, por que	sim	sim
Levantamento	quem, o que, onde, quantos, quanto	não	sim
Análise de Arquivos	quem, o que, onde, quantos, quanto	não	sim/não
Pesquisa Histórica	como, por que	não	não
Estudo de Caso	como, por que	não	sim

Figura 4.1 - Questões relevantes para diferentes métodos de pesquisa (Yin, 2010)

Entre as fases de elaboração de um estudo de caso, é na fase de projeto que o pesquisador determina se será estudado um caso único ou múltiplos casos, uma única, ou várias unidades de análise. O projeto de caso único é justificável em algumas circunstâncias. Estudar um caso único é justificável se o caso for raro, peculiar, extremo ou exclusivo, pois qualquer caso único já contribui para a escassa análise e documentação sobre aquele fenômeno (PIMENTEL, 2011). Projetos de casos múltiplos possuem vantagens e desvantagens distintas em comparação aos projetos de caso único. As provas resultantes de casos múltiplos são consideradas mais convincentes, e o estudo global é visto, por conseguinte, como sendo mais robusto. Uma percepção importante que se deve ter é considerar casos múltiplos como se consideraria experimentos múltiplos - isto é, seguir a lógica da replicação (YIN, 2010).

Para avaliar a proposta foi realizado primeiramente um estudo de caso piloto com um único caso e uma única unidade de análise, uma adaptação do log utilizado na dissertação de MATTOS (2012). Em seguida, para discutir as questões de pesquisa, foi realizado um estudo de caso com múltiplos casos com uma única unidade de análise: o log de instâncias.

4.2. Domínio de Negócio

O cenário dos estudos de caso foi o domínio de controle de tráfego aéreo. O Controle de Tráfego Aéreo é um serviço prestado por controladores que orientam e monitoram aeronaves, para garantir um fluxo de tráfego seguro e ordenado. O processo em questão é o de decolagem de aeronave, apresentado em (MATTOS, 2012). O modelo de processo de negócio é apresentado na Figura 4.2 Esse domínio de negócio foi escolhido uma vez que é um processo real sobre o qual um trabalho de dissertação realizou suas avaliações (MATTOS, 2012).

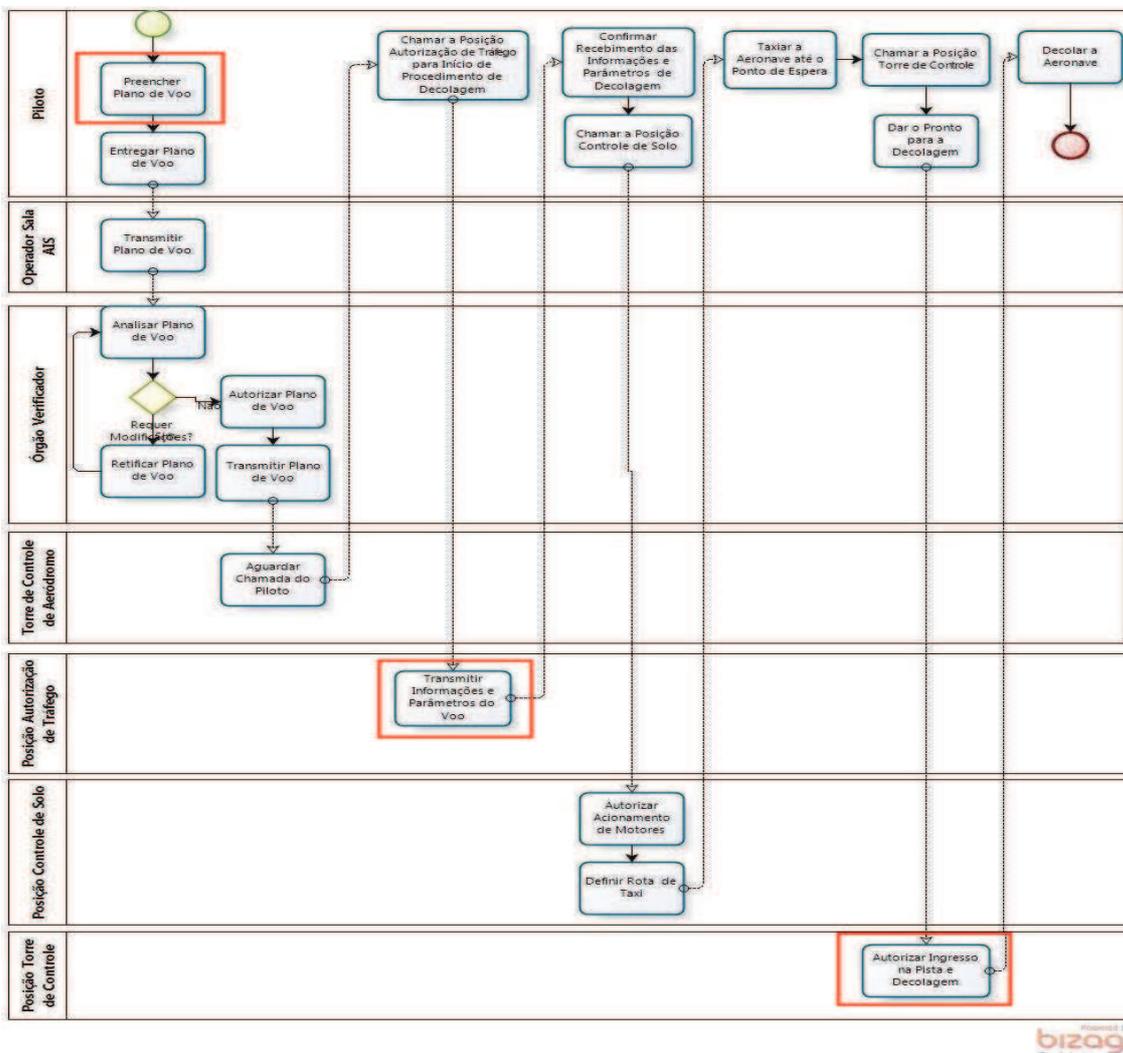


Figura 4.2 - Processo de Decolagem de Aeronave (MATTOS, 2012).

Nesse processo, 5 fatores podem caracterizar algum tipo de perigo para a sua execução: Homem, Meio, Máquina, Gerenciamento e Missão. Cada fator de perigo foi considerado um elemento contextual e foram mapeados seus possíveis valores. Na Tabela 1, são apresentados os elementos contextuais, separados por tipo de perigo, seus valores possíveis e valor esperado/padrão, destacado em negrito.

Tabela 1 - Elementos Contextuais mapeados para o processo de Decolagem de aviões.

Tipo de Perigo: Homem	
Controlador de Tráfego Aéreo	Descrição da condição do controlador de tráfego aéreo no instante monitorado. Valores: atuação padrão , atuação interrompida.
Piloto	Descrição da condição do piloto no instante monitorado. Valores: atuação padrão , atuação interrompida.
Funcionário de Solo	Descrição da condição do funcionário de solo no instante monitorado. Valores: atuação padrão , atuação interrompida.
Tipo Perigo: Missão	
Tipo de Missão	Descrição do tipo de missão sendo realizada no instante monitorado. Valores: convencional , prioritária.
Tipo Perigo: Máquina	
Equipamento do Aeródromo	Descrição da condição do equipamento do aeródromo no instante monitorado. Valores: operacional , não operacional, parcialmente operacional.
Aeronave	Descrição da condição da aeronave no instante monitorado. Valores: operacional , não operacional.
Tipo Perigo: Meio	
Condição Meteorológica	Descrição da condição meteorológica no instante monitorado. Valores: favorável , desfavorável, impeditiva.

Gerenciamento de Fluxo	Descrição da condição do gerenciamento de fluxo no instante monitorado. Valores: inativo , ativo.
Pista	Descrição da condição da pista no instante monitorado. Valores: operacional , não operacional.
Espaço Aéreo	Descrição da condição do espaço aéreo no instante monitorado. Valores: operacional , não operacional, operacional com restrições.
Tipo Perigo: Gerenciamento	
Regulamento	Descrição da condição do regulamento no instante monitorado. Valores: conforme , não conforme.

Como resultado do trabalho de Mattos (2012) foram identificadas 8 situações para os elementos contextuais apresentados na Tabela 1:

- Decolagem Extremamente Provável 1 (DEP1) = {Equipamento Aeródromo = “Operacional”, Piloto = “Atuação Padrão” };
- Decolagem Extremamente Provável 2 (DEP2) = {Gerenciamento de Fluxo = “Inativo”, Tipo de Missão = “Prioritária”}
- Decolagem Provável 1 (DP1) = {Pista = “Operacional”, Gerenciamento de Fluxo = “Ativo”}
- Decolagem Provável 2 (DP2) = {Equipamento Aeródromo = “Não Operacional”, Controlador de Tráfego Aéreo = “Atuação Padrão” }
- Decolagem Improvável 1 (DI1) = {Espaço Aéreo = “Operacional com Restrições”, Condição Meteorológica = “Desfavorável”};
- Decolagem Improvável 2 (DI2) = {Controlador de Tráfego Aéreo = “Atuação Interrompida”, Tipo de Missão = “Prioritária”}
- Decolagem Extremamente Improvável 1 (DEI1) = {Piloto = “Atuação Interrompida”, Espaço Aéreo = “Operacional”}
- Decolagem Extremamente Improvável 2 (DEI2) = {Espaço Aéreo = “Não Operacional”, Aeronave = “Operacional”}

4.3. Estudo de Caso Piloto

Esse estudo de caso foi planejado para discutir a seguinte questão de pesquisa:

- Dado um número suficiente (definido por especialista) de instâncias que não atingiram os objetivos traçados para o processo, é possível sugerir através da mineração de dados a potencial causa desse desalinhamento?

A base para a construção dos dados para esse estudo é uma adaptação do log das instâncias de execução das atividades do processo utilizado na dissertação de MATTOS (2012). Por terem comportamentos muito parecidos, então se optou por fazer modificações nas instâncias do log de tal forma a garantir a existência de diversos cenários que podem vir a ocorrer durante a execução do processo desse domínio. O objetivo deste estudo não foi ser exaustivo na simulação de comportamento, mas de apenas simular as possibilidades de execução do algoritmo apriori tal como mostrado na Figura 3.6, para contemplar cada cenário apresentado na Figura 3.3.

Nesse estudo de caso piloto foram consideradas apenas as situações DI1, DI2, DEI1 e DEI2. Para cada dessas situações, foi definida uma regra de adaptação. Assim para situação DI1 tem a regra de adaptação 1, para DI2 regra de adaptação 2, para DEI1 regra de adaptação 3 e para DEI2 regra de adaptação 4. A descrição das regras não é relevante para este estudo, apenas a referência se ela foi aplicada ou não em uma determinada instância onde ocorreu a situação. O log de execução de instâncias analisado foi referente à atividade “Transmitir informações e parâmetros do voo”, que compreende a transmissão das informações e parâmetros de voo necessários para a realização da atividade de decolagem. São 22 instâncias, das quais 7 tiveram o resultado alinhado ao objetivo traçado para o processo, que era realizar a decolagem e 15 não realizaram a decolagem.

Para a execução do algoritmo Apriori foi feito um pré-processamento com redução de dimensionalidade e eliminação de atributos com valores repetidos, através da exclusão de colunas que possuissem valor 100% igual ou 100% diferente para todas as instâncias. Nesse caso, foram excluídas as colunas referentes aos elementos contextuais Funcionário de Solo, Piloto, Tipo Missão, Equipamento do Aeródromo, Gerenciamento de Fluxo e Regulamento. Desta forma, ficaram como atributos para o log pré-processado os elementos contextuais Controlador de Tráfego Aéreo, Aeronave, Condição Meteorológica, Pista, Espaço Aéreo, Situação, que indica se alguma das situações mapeadas foi identificada,

Regra de Adaptação, que indica qual regra de adaptação foi aplicada quando uma dada situação foi identificada, e Objetivo que assume o valor Verdadeiro quando o resultado foi o esperado e Falso, caso contrário.

É importante notar que todas as situações têm pelo menos um elemento contextual assumindo um valor diferente do valor esperado/padrão, o que indica que ocorreu uma condição anormal. Assim, uma adaptação do processo é justificada. Cada Situação teve uma regra de adaptação mapeada para ela.

O algoritmo Apriori foi executado sobre o registro das instâncias da Figura 4.3. Para a implementação do algoritmo, o valor mínimo de suporte foi de 60%. O programa utilizado foi o WEKA que é um software de Aprendizagem de máquina/mineração de dados escrito em Java. Essa ferramenta é muito utilizada para pesquisa, educação e aplicações, possuindo como principais características: Conjunto abrangente de ferramentas de pré-processamento de dados, algoritmos e métodos de avaliação de aprendizagem; interfaces gráficas de usuário (incluindo visualização de dados) e um ambiente para comparar algoritmos de aprendizagem. Todos os *itemsets* considerados aqui superaram o suporte.

HOMEM	MÁQUINA		MEIO				SITUAÇÃO	REGRA DE ADAPTAÇÃO	OBJETIVO
	Aeronave	Condição do Tempo	Pista	Espaço Aéreo					
Controlador	Aeronave								
Atuacao_padrao	Operacional	Desfavoravel	Operacional	Operacional_com_restricoes	DI		1	Falso	
Atuacao_padrao	Operacional	Desfavoravel	Operacional	Operacional_com_restricoes	DI		1	Falso	
Atuacao_padrao	Operacional	Desfavoravel	Operacional	Operacional_com_restricoes	DI		1	Verdadeiro	
Atuacao_padrao	Nao_Operacional	Favoravel	Nao_Operacional	Operacional	Nenhuma		Nenhuma	Falso	
Atuacao_padrao	Operacional	Favoravel	Operacional	Operacional	Nenhuma		Nenhuma	Verdadeiro	
Atuacao_padrao	Operacional	Favoravel	Operacional	Operacional	Nenhuma		Nenhuma	Verdadeiro	
Atuacao_padrao	Nao_Operacional	Favoravel	Nao_Operacional	Operacional	Nenhuma		Nenhuma	Falso	
Atuacao_padrao	Nao_Operacional	Favoravel	Nao_Operacional	Operacional	Nenhuma		Nenhuma	Falso	
Atuacao_intempeda	Operacional	Favoravel	Operacional	Nao_Operacional	DI		4	Falso	
Atuacao_intempeda	Operacional	Favoravel	Operacional	Nao_Operacional	DI		4	Falso	
Atuacao_padrao	Operacional	Favoravel	Operacional	Nao_Operacional	DI		4	Verdadeiro	
Atuacao_intempeda	Operacional	Favoravel	Operacional	Nao_Operacional	DI		4	Falso	
Atuacao_padrao	Operacional	Favoravel	Operacional	Nao_Operacional	DI		4	VERDADEIRO	
Atuacao_padrao	Operacional	Favoravel	Operacional	Operacional	Nenhuma		Nenhuma	Verdadeiro	
Atuacao_padrao	Nao_Operacional	Favoravel	Nao_Operacional	Operacional	Nenhuma		Nenhuma	Falso	
Atuacao_padrao	Operacional	Favoravel	Operacional	Operacional	Nenhuma		Nenhuma	Verdadeiro	
Atuacao_padrao	Operacional	Favoravel	Operacional	Operacional	Nenhuma		Nenhuma	Falso	
Atuacao_padrao	Operacional	Favoravel	Operacional	Operacional	Nenhuma		Nenhuma	Falso	
Atuacao_padrao	Operacional	Favoravel	Operacional	Operacional	Nenhuma		Nenhuma	Falso	
Atuacao_intempeda	Operacional	Favoravel	Operacional	Nao_Operacional	DI		4	Falso	
Atuacao_padrao	Operacional	Favoravel	Operacional	Operacional	Nenhuma		Nenhuma	Falso	
Atuacao_padrao	Nao_Operacional	Favoravel	Nao_Operacional	Operacional	Nenhuma		Nenhuma	Falso	

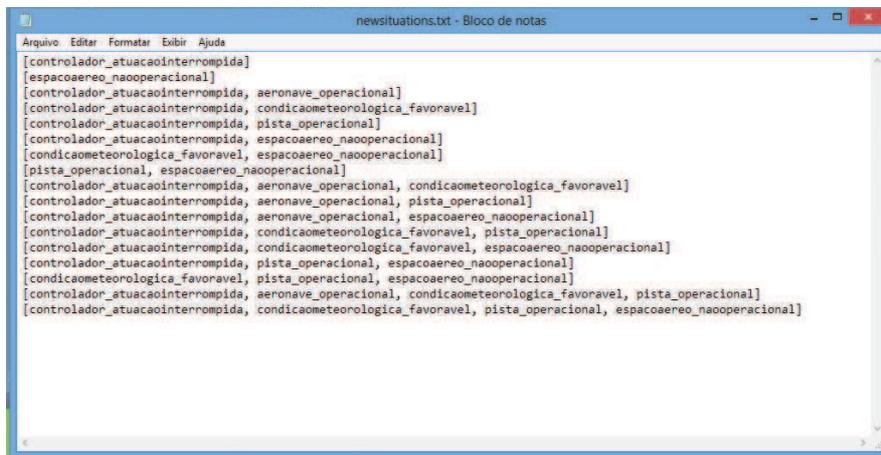
Figura 4.3 - Log Adaptado de Mattos (2012)

4.3.1. Análise das Instâncias Adaptadas

Para avaliar a compatibilidade das regras de adaptação, 9 instâncias que foram adaptadas em tempo de execução foram avaliadas. Para uma análise mais precisa, essa verificação foi realizada quatro vezes, conforme visto na Figura 3.6. Independente da condição executada, para todas elas o filtro *unsupervised.instance.RemoveWithValues* foi usado, ele filtra as instâncias removendo os valores escolhidos de um determinado atributo, removendo instâncias em que nenhuma regra foi aplicada. Esse mesmo filtro foi usado novamente nas condições em que o resultado era analisado, ou seja, em que foram analisadas apenas instâncias que não atingiram o objetivo, sendo ele utilizado para realizar a remoção das instâncias com o objetivo = Verdadeiro. Por fim, em todos os casos as colunas situação, regra e objetivos foram removidas.

A. Qualquer Regra e Não atingiram o objetivo

O algoritmo foi executado para as 6 instâncias que sofreram interferências de uma das situações mapeadas, foram adaptadas e ainda assim não alcançaram o objetivo proposto para esse processo. A Figura 4.4 mostra o resultado apresentado na segunda tela do @ISituation, com as potenciais novas situações geradas a partir dos *itemsets* da primeira execução do Apriori. Dado que as situações que interferiram nas instâncias analisadas são basicamente compostas pelos elementos contextuais “EspaçoAéreo”, “CondiçãoMeteorologica” e “Aeronave”, e que das 16 sugestões de potenciais situações (75%) tem em sua composição o elemento contextual “controlador_atuacaointerrompida”, acredita-se que todas as potenciais situações que tenham este elemento em sua composição são candidatas muito fortes à nova situação.



```
Arquivo  Editar  Formatar  Exibir  Ajuda
[controlador_atuacaointerrompida]
[espacoaereo_naooperacional]
[controlador_atuacaointerrompida, aeronave_operacional]
[controlador_atuacaointerrompida, condicaometeorologica_favoravel]
[controlador_atuacaointerrompida, pista_operacional]
[controlador_atuacaointerrompida, espacoaereo_naooperacional]
[condicaometeorologica_favoravel, espacoaereo_naooperacional]
[pista_operacional, espacoaereo_naooperacional]
[controlador_atuacaointerrompida, aeronave_operacional, condicaometeorologica_favoravel]
[controlador_atuacaointerrompida, aeronave_operacional, pista_operacional]
[controlador_atuacaointerrompida, aeronave_operacional, espacoaereo_naooperacional]
[controlador_atuacaointerrompida, condicaometeorologica_favoravel, pista_operacional]
[controlador_atuacaointerrompida, condicaometeorologica_favoravel, espacoaereo_naooperacional]
[controlador_atuacaointerrompida, pista_operacional, espacoaereo_naooperacional]
[condicaometeorologica_favoravel, pista_operacional, espacoaereo_naooperacional]
[controlador_atuacaointerrompida, aeronave_operacional, condicaometeorologica_favoravel, pista_operacional]
[controlador_atuacaointerrompida, condicaometeorologica_favoravel, pista_operacional, espacoaereo_naooperacional]
```

Figura 4.4 – Potenciais Novas Situações após a 1ª possibilidade de execução do Apriori.

B. Regra Especifica e Não atingiram o objetivo

O algoritmo foi executado duas vezes. Primeiramente, apenas para as duas instâncias que aplicaram a regra 1 e que não atingiram o objetivo. Em seguida, para as quatro instâncias que aplicaram a regra 4 e que não atingiram o objetivo. Para ter apenas as instâncias com regra de adaptação 1, o filtro `unsupervised.instance.RemoveWithValues` foi usado, removendo instâncias com os valores para a coluna regra de adaptação dentro do conjunto {Nenhuma, 2,3,4}. Para ter apenas as instâncias com regra de adaptação 4, o filtro `unsupervised.instance.RemoveWithValues` foi usado, removendo instâncias com os valores para a coluna regra de adaptação dentro do conjunto {Nenhuma, 1,2,3}.

Na Figura 4.5, temos o resultado apresentado na segunda tela do @ISituation para essa execução, analisando apenas a regra 1. Dado que as potenciais situações contendo apenas um elemento contextual são compostas apenas por elementos contextuais que compõem a situação DI, exatamente com os mesmos valores apresentados nessa situação, e que na potencial situação contendo cinco elementos contextuais (número total dos elementos contextuais em avaliação) os únicos elementos contextuais que estão fora do seu valor esperado/padrão são exatamente aqueles que caracterizam a situação DI, então se indica que os especialistas reavaliem a regra 1, porque esta regra pode não estar contornando a interferência da situação DI, e com isso adaptando o processo de maneira não adequada.

Na Figura 4.6, temos o resultado apresentado na segunda tela do @ISituation para essa execução, analisando apenas a regra 4. Todas as potenciais situações envolvem “controlador_atuacaointerrompida” e/ou “espacoaereo_ naooperacional”. Desta forma, foi possível identificar fortes candidatas a situação, uma vez que todas as potenciais situações que envolviam o elemento contextual “controlador de trafego aéreo” o apresentava em seu valor não esperado/padrão e aliado a isso se tem o fato que a situação DEI, que demandou a utilização da regra 4, não possui em sua definição esse elemento contextual. Além disso, a potencial situação com 5 elementos contextuais é composta pela DEI + “controlador_atuacaointerrompida” + os outros dois elementos contextuais em análise em seu valor esperado/padrão, indicando fortemente que essa situação precisa ser reavaliada.

```

newsituations.txt - Bloco de notas
Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda
[condicaometeorologica_desfavoravel]
[espacoaereo_operacionalcomrestricoes]
[controlador_atuacaopadrao, condicaometeorologica_desfavoravel]
[controlador_atuacaopadrao, espacoaereo_operacionalcomrestricoes]
[aeronave_operacional, condicaometeorologica_desfavoravel]
[aeronave_operacional, espacoaereo_operacionalcomrestricoes]
[condicaometeorologica_desfavoravel, pista_operacional]
[pista_operacional, espacoaereo_operacionalcomrestricoes]
[controlador_atuacaopadrao, aeronave_operacional, condicaometeorologica_desfavoravel]
[controlador_atuacaopadrao, aeronave_operacional, espacoaereo_operacionalcomrestricoes]
[controlador_atuacaopadrao, condicaometeorologica_desfavoravel, pista_operacional]
[controlador_atuacaopadrao, pista_operacional, espacoaereo_operacionalcomrestricoes]
[aeronave_operacional, condicaometeorologica_desfavoravel, pista_operacional]
[aeronave_operacional, pista_operacional, espacoaereo_operacionalcomrestricoes]
[controlador_atuacaopadrao, aeronave_operacional, condicaometeorologica_desfavoravel, pista_operacional]
[controlador_atuacaopadrao, aeronave_operacional, condicaometeorologica_desfavoravel, espacoaereo_operacionalcomrestricoes]
[controlador_atuacaopadrao, aeronave_operacional, pista_operacional, espacoaereo_operacionalcomrestricoes]
[controlador_atuacaopadrao, condicaometeorologica_desfavoravel, pista_operacional, espacoaereo_operacionalcomrestricoes]
[aeronave_operacional, condicaometeorologica_desfavoravel, pista_operacional, espacoaereo_operacionalcomrestricoes]
[controlador_atuacaopadrao, aeronave_operacional, condicaometeorologica_desfavoravel, pista_operacional, espacoaereo_operacionalcomrestricoes]

```

Figura 4.5 - Potenciais Novas Situações após a 2ª possibilidade de execução do Apriori (Regra 1).

```

newsituations.txt - Bloco de notas
Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda
[controlador_atuacaointerrompida]
[espacoaereo_naooperacional]
[controlador_atuacaointerrompida, aeronave_operacional]
[controlador_atuacaointerrompida, condicaometeorologica_favoravel]
[controlador_atuacaointerrompida, pista_operacional]
[controlador_atuacaointerrompida, espacoaereo_naooperacional]
[condicaometeorologica_favoravel, espacoaereo_naooperacional]
[pista_operacional, espacoaereo_naooperacional]
[controlador_atuacaointerrompida, aeronave_operacional, condicaometeorologica_favoravel]
[controlador_atuacaointerrompida, aeronave_operacional, pista_operacional]
[controlador_atuacaointerrompida, aeronave_operacional, espacoaereo_naooperacional]
[controlador_atuacaointerrompida, condicaometeorologica_favoravel, pista_operacional]
[controlador_atuacaointerrompida, condicaometeorologica_favoravel, espacoaereo_naooperacional]
[aeronave_operacional, condicaometeorologica_favoravel, espacoaereo_naooperacional]
[aeronave_operacional, pista_operacional, espacoaereo_naooperacional]
[controlador_atuacaointerrompida, pista_operacional, espacoaereo_naooperacional]
[condicaometeorologica_favoravel, pista_operacional, espacoaereo_naooperacional]
[controlador_atuacaointerrompida, aeronave_operacional, condicaometeorologica_favoravel, pista_operacional]
[controlador_atuacaointerrompida, aeronave_operacional, condicaometeorologica_favoravel, espacoaereo_naooperacional]
[controlador_atuacaointerrompida, aeronave_operacional, pista_operacional, espacoaereo_naooperacional]
[controlador_atuacaointerrompida, condicaometeorologica_favoravel, pista_operacional, espacoaereo_naooperacional]
[aeronave_operacional, condicaometeorologica_favoravel, pista_operacional, espacoaereo_naooperacional]
[controlador_atuacaointerrompida, aeronave_operacional, condicaometeorologica_favoravel, pista_operacional, espacoaereo_naooperacional]

```

Figura 4.6 - Potenciais Novas Situações após a 2ª possibilidade de execução do Apriori (Regra 4).

C. Qualquer Regra e Independente do Resultado

O algoritmo foi executado para as nove instâncias que demandaram adaptação, independente de ter atingido o objetivo. O único elemento contextual apresentado fora do seu valor esperado/padrão foi “Espaço Aéreo” que aparece como “espacoaereo_naooperacional”. Como DI1 é composta pela combinação Espaço Aéreo = “Operacional com Restrições” + Condição Meteorológica = “Desfavorável”, isso significa que essa situação não gerou impacto nos itemsets gerados, o que nos leva a nada inferir sobre o que pode estar acontecendo com as instâncias que executaram a regra 1 e não atingiram o objetivo. Sobre a situação DEI, também nada se pode inferir, uma vez que dentre os elementos contextuais que compõem as potenciais novas situações sugeridas, aqueles que configuram DEI são apresentados exatamente como descritos na situação. Esses resultados nos levam a concluir que esse cenário de execução do algoritmo não é indicado, uma vez que se trata de um cenário muito

generalista não avaliando casos específicos. Dessa forma, não é possível identificar as possíveis causas de algumas instâncias não terem atingindo o objetivo mapeado para o processo. A Figura 4.7 mostra o resultado apresentado na segunda tela do @ISituation, com as potenciais novas situações geradas a partir dos *itemsets* da terceira possibilidade de execução do Apriori.

```
newsituations.txt - Bloco de notas
Arquivo  Editar  Formatar  Exibir  Ajuda
[espacoaereo_naooperacional]
[condicaometeorologica_favoravel, espacoaereo_naooperacional]
[pista_operacional, espacoaereo_naooperacional]
[aeronave_operacional, condicaometeorologica_favoravel, espacoaereo_naooperacional]
[aeronave_operacional, pista_operacional, espacoaereo_naooperacional]
[condicaometeorologica_favoravel, pista_operacional, espacoaereo_naooperacional]
[aeronave_operacional, condicaometeorologica_favoravel, pista_operacional, espacoaereo_naooperacional]
```

Figura 4.7 - Potenciais Novas Situações após a 3ª possibilidade de execução do Apriori.

D. Regra Especifica e Independente do Resultado

O algoritmo foi executado duas vezes, uma vez para as seis instâncias em que a regra de adaptação 4 foi aplicada, e outra vez nas três instâncias em que a regra de adaptação 1 foi aplicada. Para ter apenas as instâncias com regra de adaptação 1, o filtro `unsupervised.instance.RemoveWithValues` foi usado, removendo instâncias com os valores para a coluna regra de adaptação dentro do conjunto {Nenhuma, 2,3,4}. Para ter apenas as instâncias com regra de adaptação 4, o filtro `unsupervised.instance.RemoveWithValues` foi usado, removendo instâncias com os valores para a coluna regra de adaptação dentro do conjunto {Nenhuma, 1,2,3}.

O resultado da execução para regra 1 é o mesmo apresentado na Figura 4.5, logo as conclusões são as mesmas. O resultado da execução para regra 4 é o mesmo apresentado na Figura 4.6, logo as conclusões também são as mesmas anteriores.

4.3.2. Análise de Instâncias Não Adaptadas

Para avaliar a compatibilidade das situações e dos elementos contextuais, as 13 instâncias que não foram adaptadas em tempo de execução também foram avaliadas. Para uma análise mais precisa, essa verificação foi realizada duas vezes, conforme visto na Figura 3.6: em primeiro lugar, em todas as instâncias que não foram adaptadas, mas

não atingiram o objetivo e, segundo, em todas as instâncias que não foram submetidas a uma adaptação, independentemente de terem alcançado o objetivo ou não. Em ambas o filtro *unsupervised.instance.RemoveWithValues* foi usado, removendo instâncias que aplicaram alguma regra. Esse mesmo filtro foi usado novamente para diferenciar a primeira condição da segunda, onde na primeira ele foi utilizado para realizar a remoção das instâncias com o objetivo = sim. Por fim, em ambos os casos, as colunas situação, regra e objetivos foram removidas.

E. Não atingiram o objetivo

A primeira verificação foi feita em nove casos que não foram adaptados e não atingiram a meta. A Figura 4.8 mostra que todas as potenciais situações sugeridas são compostas por aeronave_ naooperacional e/ou pista_ naooperacional. Dado que nenhuma das 4 situações já mapeadas (DI1 e 2 e DEI 1 e 2) possui um desses elementos contextuais com esses valores, pode-se indicar aos especialistas que analisem as sugestões de potenciais situações e verifiquem se pelo menos uma delas representa uma nova situação não previamente mapeada.

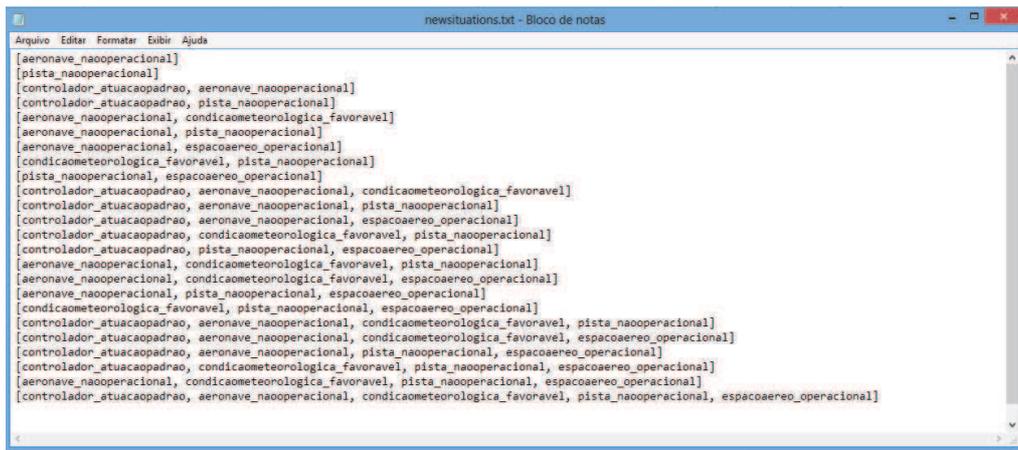


Figura 4.8 - Potenciais Novas Situações após a 5ª possibilidade de execução do Apriori.

F. Independente do Resultado

A segunda verificação foi feita nas 13 instâncias que não foram adaptadas. O @ISituation nada retornou, concluindo-se que não existem potenciais situações a indicar. Dadas essas circunstâncias, sugere-se aos especialistas que executem o MÉTODO OGANON (Anastassiou, 2012), já apresentado na seção 2.1, para verificar se não existem novos elementos contextuais atuando nesse processo.

4.3.3. Considerações sobre o estudo de caso piloto

As conclusões gerais a partir deste estudo sobre cada uma das possíveis execuções do Apriori são resumidas na Tabela 2.

Tabela 2 - Conclusões sobre cada possível execução do Apriori.

Execução	Conclusões
A- Qualquer regra e Objetivo não alcançado.	Nesse tipo de execução é possível indicar potenciais situações (Cenário A da proposta).
B- Regra de adaptação específica e Objetivo não alcançado.	Nesse tipo de execução é possível tanto indicar potenciais situações quanto indicar a necessidade de reavaliar a regra de adaptação utilizada (Cenário B), como também indicar a necessidade de reavaliar a situação mapeada.
C- Qualquer regra, independente do resultado.	Sem novas situações. Nada se pode indicar. Execução não aconselhada.
D- Regra de adaptação específica e independente do resultado.	Mesmos resultados que “Regra de adaptação específica e resultado não alcançado.”. Execução não aconselhada.
E- Não adaptadas e Objetivo não alcançado.	Nesse tipo de execução é possível indicar potenciais situações (Cenário B).
F- Não adaptadas e independentes do resultado.	Sem novas situações. Indicação da execução do Método Oganon (Anastassiou, 2012) para verificar se não existem novos elementos contextuais atuando nesse processo (Cenário B).

4.4. Estudo de Caso Exploratório

Esse estudo de caso foi planejado para discutir a seguinte questão de pesquisa:

- O comportamento de instâncias de um mesmo processo sofrem modificações ao longo do tempo a ponto de gerar modificações no conjunto ou de situações mapeadas, ou de regras de adaptação sugeridas ou de elementos contextuais que interferem no processo?

Foram definidos 3 casos, seguindo as seguintes etapas:

1. Definir elementos contextuais e situações para cada atividade escolhida;
2. Construir um log;
3. Executar em três instantes de tempo diferentes o Apriori para cada atividade; e
4. Comparar os resultados de cada instante com os resultados do instante anterior.

Dentre todas as atividades existentes nesse processo de decolagem de aeronaves, foram escolhidas três para a realização dos Casos, destacadas em vermelho na Figura 4.2. Essas atividades foram escolhidas por serem realizadas em etapas diferentes do processo, por papéis diferentes e por sofrerem atuação de elementos contextuais diferentes, tendo de maneira geral atuações distintas:

- Preencher plano de voo: Compreende o preenchimento pelo Piloto do documento plano de voo que contém as informações relevantes para o voo.
- Transmitir informações e parâmetros do voo: Compreende a transmissão das informações e parâmetros de voo necessários para a realização da atividade de decolagem.
- Autorizar ingresso na pista e decolagem: Compreende a autorização pela “posição torre de controle” do ingresso na pista e decolagem.

Segundo a WIKIPEDIA (2013), o maior aeroporto de tráfego internacional do mundo é o Aeroporto Internacional Heathrow, em Londres, Inglaterra, com uma média de 460 mil pousos e decolagens por ano. Dados do Departamento Aeroviário do Estado de São Paulo (Daesp) e da Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (Infraero) mostram que, há seis anos, o movimento do Aeroporto Internacional de Viracopos, em Campinas (SP), era de 110 pousos e decolagens por dia contra média de 426 em 2012, o que representa 13 mil voos por mês (G1, 2013). No trabalho de MORAIS (2008), são mostrados os movimentos de cada aeronave nos períodos diurno, noturno e o total para cada uma das duas cabeceiras nos procedimentos de pouso ou decolagem no aeroporto Internacional de Brasília. A primeira cabeceira tem uma média diária de 181,14 decolagens, enquanto na segunda cabeceira essa média é de 1,42, totalizando uma média de 182,56 decolagens ao dia para esse aeroporto. Com base nesses números assumimos que para um aeroporto tal como o aeroporto internacional Tom Jobim, Rio de Janeiro (RJ), o valor médio de decolagens por ano é em torno de 83 mil movimentos.

Para a primeira etapa, definiu-se juntamente com uma especialista desse processo quais dos 11 elementos contextuais (descritos na Tabela 1) interferiam em cada uma dessas três atividades. Na Tabela 3, são descritos os elementos contextuais por atividade, e todos os valores que eles podem assumir. Ainda nesse passo, foram definidas algumas situações que podem interferir no processo, impedindo que a decolagem seja realizada com sucesso (objetivo do processo). Na Tabela 4, são apresentadas as situações definidas por atividade.

Tabela 3 - Elementos Contextuais e seus possíveis valores para cada atividade.

Nome da Atividade	Elementos Contextuais	Possíveis Valores
Preencher Plano de Voo	Piloto	Atuação Padrão
		Atuação Interrompida
	Aeronave	Operacional
		Não Operacional
	Equipamento Aeródromo	Operacional
		Não Operacional
		Parcialmente Operacional
	Condição Meteorológica	Favorável
		Desfavorável
		Impeditiva
	Tipo Missão	Convencional
		Prioritária
Regulamento	Conforme	
	Não Conforme	
Transmitir informações e parâmetros do voo	Equipamento Aeródromo	Operacional
		Não Operacional
		Parcialmente Operacional
	Condição Meteorológica	Favorável
		Desfavorável
		Impeditiva
	Controlador De Trafego Aéreo	Atuação Padrão
		Atuação Interrompida
	Piloto	Atuação Padrão
		Atuação Interrompida
Pista	Operacional	
	Não Operacional	
Autorizar Ingresso na Pista	Controlador De Trafego Aéreo	Atuação Padrão
		Atuação Interrompida
	Equipamento Aeródromo	Operacional
		Não Operacional
		Parcialmente Operacional
	Condição Meteorológica	Favorável
		Desfavorável
		Impeditiva
	Pista	Operacional
		Não Operacional
	Tipo Missão	Convencional
		Prioritária
	Gerenciamento De Fluxo	Inativo
		Ativo
Espaço Aéreo	Operacional	
	Não Operacional	
	Operacional Com Restrições	

Tabela 4 - Situações Definidas por atividade.

Nome da Atividade	Situações Definidas
Preencher Plano de Voo	Situação1={equipamentoaerodromo= naooperacional, condicaometerologica= desfavoravel}
	Situação2={piloto = atuacaointerrompida, regulamento = conforme}
Transmitir informações e parâmetros do voo	Situação1={piloto = atuacaointerrompida, condicaometerologica = desfavoravel}
	Situação2={equipamentoaerodromo = naooperacional, controlador= atuacao padrao}
Autorizar Ingresso na Pista	Situação1={controlador = atuacao interrompida, missao = prioritaria}
	Situação2={espacoaereo = naooperacional, equipamentoaerodromo = operacional}
	Situação3={espacoaereo = operacionalcomrestricoes, condicaometerologica = desfavoravel}
	Situação4={equipamentoaerodromo = naooperacional, controlador= atuacao padrao}

Devido à dificuldade de encontrar um log contendo todas as informações necessárias, citadas no Capítulo 3, ou com uma quantidade de instâncias com a ordem de grandeza da média anual de decolagem, foi preciso utilizar um sistema de geração de log sintético para a terceira etapa. O TransactionLogGenerator⁴ é um sistema desenvolvido em Java, cujo objetivo é gerar um log sintético transacional com uma estrutura similar da apresentada na Figura 4.3, contendo informação de ID da transação e Atividade que contém aquelas transações e sem informação de situação e regra de adaptação. Para gerar o arquivo *transations.txt* contendo esse log, o sistema recebe como entrada os seguintes arquivos:

- *Properties.txt*: Esse arquivo contém as seguintes linhas
 - numberLines: Número de transações que deseja-se gerar.
 - itensNumber: Número total de valores assumidos por todos os elementos contextuais (Por exemplo: Se temos dois elementos contextuais, um com dois possíveis valores e o outro com três possíveis valores, o numero de itens será 5)

⁴ TransactionLogGenerator: <https://sourceforge.net/projects/transactionlogger/>

- transactionLenght: Tamanho da transação (Para o exemplo anterior o tamanho da transação será 3: elemento contextual 1, elemento contextual 2, informação se atingiu o objetivo ou não após execução do processo)
- activity= Informação sobre para qual atividade o log será gerado.
- *Contextelement.txt*: Arquivo contendo em cada linha a dupla ec_valor, onde cada valor dos elementos contextuais mapeados para a atividade em questão devem estar em linhas diferentes. (Para o exemplo anterior, teríamos separados por linha: ec1_valor1; ec1_valor2; ec2_valor1; ec2_valor2; ec2_valor3).

O arquivo *transations.txt* é gerado através da utilização do método *nextInt* da classe *RandomDataGenerator* (RandomDataGenerator, 2013). Para cada item do arquivo *Contextelement.txt*, é associado um índice que vai de 0 a (*itensNumber* -1). Esse método constrói a transação fazendo uso de uma distribuição uniforme que vai de um valor mínimo (em nosso caso, é definido que o mínimo é 0) até um valor máximo (em nosso caso, é *itensNumber* -1). Como cada transação possui apenas um valor para cada elemento contextual mapeado, ou seja, não é composta por elementos contextuais repetidos ainda que assumindo valores diferentes, então o método escolhe aleatoriamente um índice do intervalo dado, incluindo as pontas do intervalo. Após a escolha do índice, é verificado qual a dupla (elementocontextual_valor) correspondente àquele índice. Em seguida, essa dupla é colocada na transação e são excluídos da lista o índice escolhido e todos os índices correspondentes ao elemento contextual que compõe a dupla já escolhida (por exemplo: O índice aleatoriamente escolhido é o índice 1, esse índice representa a dupla ec1_valor2, colocamos essa dupla na transação e excluímos do universo de índices para a próxima escolha os numero 1 e 0, uma vez que 0 corresponde à dupla ec1_valor1, ou seja, o outro índice além do índice 1 que representam o ec1). Após montar a transação com cada um dos elementos contextuais, o método é acionado de novo para escolher aleatoriamente entre 0 (sim) ou 1 (não) como resposta ao resultado da execução dessa instância de processo (campo “Objetivo”). Existem outros métodos para a classe *RandomDataGenerator* baseados em outras distribuições, entretanto optou-se pelo uso da distribuição uniforme uma vez que o objetivo era gerar eventos cuja probabilidade fosse constante para todas as possibilidades de valores em intervalos de mesma dimensão.

O log foi gerado em três instantes de tempo diferentes para simular o crescimento de uma base de dados ao longo do tempo. Para cada instante, o algoritmo Apriori foi executado. Os instantes foram:

1. Instante $t=1$ → Simulando o intervalo de tempo de uma hora de decolagens. Contendo apenas as 22 instâncias existentes no log utilizado na avaliação do trabalho de Mattos (2012). O log utilizado na avaliação não possuía a coluna contendo os resultados da execução das instâncias perante o objetivo traçado, porém possuía uma coluna chamada “Impacto no processo”. Dessa coluna foi derivado o valor para o campo “Objetivo” do log, onde todas as instâncias que tiveram como impacto no processo Cancelamento de Voo, decolagem não autorizada ou decolagem suspensa receberam o valor “Não” para o item “Objetivo”, as demais instâncias receberam o valor “Sim”.
2. Instante $t=2$ → Simulando o intervalo de tempo de 6 meses de decolagem. Geração de 41474 instâncias através do TransactionLogGenerator. Essas 41474 foram adicionadas às 22 instâncias de $t=1$, gerando nesse segundo instante um log de 41496 transações.
3. Instante $t=3$ → Simulando o intervalo de tempo de 12 meses de decolagem. Geração de 41450 instâncias através do TransactionLogGenerator. Essas 41450 foram adicionadas às 41496 instâncias anteriores, gerando nesse segundo instante um log de 82496 transações.

Para decisão de qual valor de suporte mínimo utilizar nas execuções do Apriori para esses Casos, foi gerado um log totalmente sintético, apenas para esse propósito, da atividade Preencher Plano de Voo do processo da Figura 4.2 com 5000 (5 mil) linhas sobre o qual o Apriori foi executado algumas vezes até se atingir um valor máximo de Suporte Mínimo ($supmin$) onde era possível gerar *itemsets*. Esse valor era 0.25. Com $supmin = 0.24$, uma das situações mapeadas para essa atividade foi encontrada e, com $supmin = 0.11$, as duas situações foram identificadas. Para os Casos, optou-se por utilizar o primeiro valor de $supmin$ que gerou *itemsets*, ou seja, em todas as execuções do Apriori para os três Casos o $supmin$ utilizado foi igual a 0.25. Em todos os Casos, o Apriori foi executado apenas para as instâncias que não atingiram o objetivo.

Nas próximas subseções, são apresentados cada um dos Casos realizados. Essas subseções retratam as etapas 4 e 5 da execução dos Casos.

4.4.1. Caso 1 – Atividade A: Preencher plano de voo

Foram considerados apenas os elementos contextuais referentes à atividade A apresentados na Tabela 3. Dessas 22 instâncias, 13 alcançaram o objetivo e 9 não alcançaram.

A execução do Apriori para esse log gerou:

- 7 *itemsets* de tamanho 1, dos quais apenas condição meteorológica estava fora do seu valor esperado/padrão: “condicaometeorologica_impeditiva”;
- 20 *itemsets* de tamanho 2, dos quais apenas 5 tinham ao menos um elemento contextual fora do valor esperado/padrão, nesse caso o único elemento contextual fora do valor esperado/padrão era “condicaometeorologica_impeditiva”;
- 30 *itemsets* de tamanho 3, mas apenas 9 tinham ao menos um elemento contextual fora do valor esperado/ padrão, nesse caso o único elemento contextual fora do valor esperado/padrão era “condicaometeorologica_impeditiva”;
- 25 *itemsets* de tamanho 4, mas apenas 10 tinham ao menos um elemento contextual fora do valor esperado/ padrão, nesse caso o único elemento contextual fora do valor esperado/padrão era “condicaometeorologica_impeditiva”;
- 11 *itemsets* de tamanho 5, mas apenas 5 tinham ao menos um elemento contextual fora do valor esperado/padrão, nesse caso o único elemento contextual fora do valor esperado/padrão era “condicaometeorologica_impeditiva”;
- 2 *itemsets* de tamanho 6, mas apenas 1 tinha ao menos um elemento contextual fora do valor esperado/padrão, nesse caso o único elemento contextual fora do valor esperado/padrão era “condicaometeorologica_impeditiva”.

Das duas situações mapeadas previamente para essa atividade, nenhuma delas foi identificada. Além disso, elas não consideram o elemento contextual condição meteorológica, assumindo o valor “condicaometeorologica_impeditiva”.

Em $t=2$, o sistema gerador de log foi executado e o arquivo `contextelements` continha apenas os elementos contextuais referentes à atividade Preencher Plano de Voo apresentados na Tabela 3. Dessas 41496 instâncias, 20943 alcançaram o objetivo e 20553 não alcançaram.

A execução do Apriori para esse log gerou:

- 14 *itemsets* de tamanho 1, dos quais 8 eram compostos por *itemsets* fora do seu valor esperado/padrão: "piloto_atuacaointerrompida"; "tipomissao_prioritaria"; "aeronave_naooperacional"; "equipamentoaerodromo_naooperacional"; "equipamentoaerodromo_parcialmenteoperacional"; "condicaometeorologica_desfavoravel"; "condicaometeorologica_impeditiva"; "regulamento_naoconforme";
- 14 *itemsets* de tamanho 2, dos quais 10 tinham ao menos um elemento contextual fora do valor esperado/padrão;
- Nenhum *itemset* de tamanho maior que 2.

A Situação2 mapeada para essa atividade foi identificada nos *itemsets*, ou seja, foram identificadas 9 potenciais novas situações de tamanho 2. Todos os 10 *itemsets* de tamanho 2 com ao menos um elemento contextual fora do valor esperado/padrão não foram identificados na execução anterior.

Em $t=3$, o sistema gerador de log foi executado mais uma vez e o arquivo `contextelements` continha apenas os elementos contextuais referentes a essa atividade apresentados na Tabela 3. Dessas 82946 instâncias, 41592 alcançaram o objetivo e 41354 não alcançaram.

A execução do Apriori para esse log gerou:

- 14 *itemsets* de tamanho 1, dos quais 8 eram compostos por *itemsets* fora do seu valor esperado/padrão: "piloto_atuacaointerrompida"; "tipomissao_prioritaria"; "aeronave_naooperacional"; "equipamentoaerodromo_naooperacional"; "equipamentoaerodromo_parcialmenteoperacional"; "condicaometeorologica_desfavoravel"; "condicaometeorologica_impeditiva"; "regulamento_naoconforme";
- 14 *itemsets* de tamanho 2, dos quais 10 tinham ao menos um elemento contextual fora do valor esperado/padrão;

- Nenhum *itemset* de tamanho maior que 2.

Das duas situações mapeadas para essa atividade nenhuma delas foi identificada. Dos 10 *itemsets* sugeridos, o *itemset* “tipomissao=tipomissao_prioritaria AND regulamento=regulamento_naoconforme” apareceu nessa execução e não havia aparecido na execução anterior.

No primeiro instante do log, nenhuma das situações mapeadas foi identificada, contudo novas possíveis situações envolvendo o elemento contextual condição meteorológica com o valor “impeditiva” foram sugeridas. Já no segundo instante do log, a situação2 foi identificada e além dela novas possíveis situações foram sugeridas, sugestões essas que nem envolviam o elemento contextual condição meteorológica. Por fim, no terceiro instante, a situacao2 não apareceu nos *itemsets* sugeridos. Além disso, dos 10 que tinham ao menos um elemento contextual fora do valor esperado/padrão, um deles era novo *itemset*, ou seja, não havia sido sugerido na execução para o log anterior. Todos os resultados gerados para os três instantes de tempo encontram-se no Apêndice A.

Na Figura 4.9, são apresentados 4 gráficos contendo análise da execução do Apriori para atividade A nos três instantes de construção do log:

- O gráfico (a) mostra um comparativo entre o número de potenciais situações identificadas em cada instante.
- O gráfico (b) mostra uma comparação entre o número de potenciais situações identificadas no primeiro instante e quantas delas foram identificadas também no segundo instante.
- O gráfico (c) mostra uma comparação entre o número de potenciais situações identificadas no segundo instante e quantas delas foram identificadas apenas nesse instante, ou seja, não aparecerem no primeiro instante ou não apareceram no terceiro instante.
- O gráfico (d) mostra uma comparação entre o número de potenciais situações identificadas no terceiro instante e quantas delas foram identificadas apenas nesse instante, ou seja, não aparecerem no segundo instante.

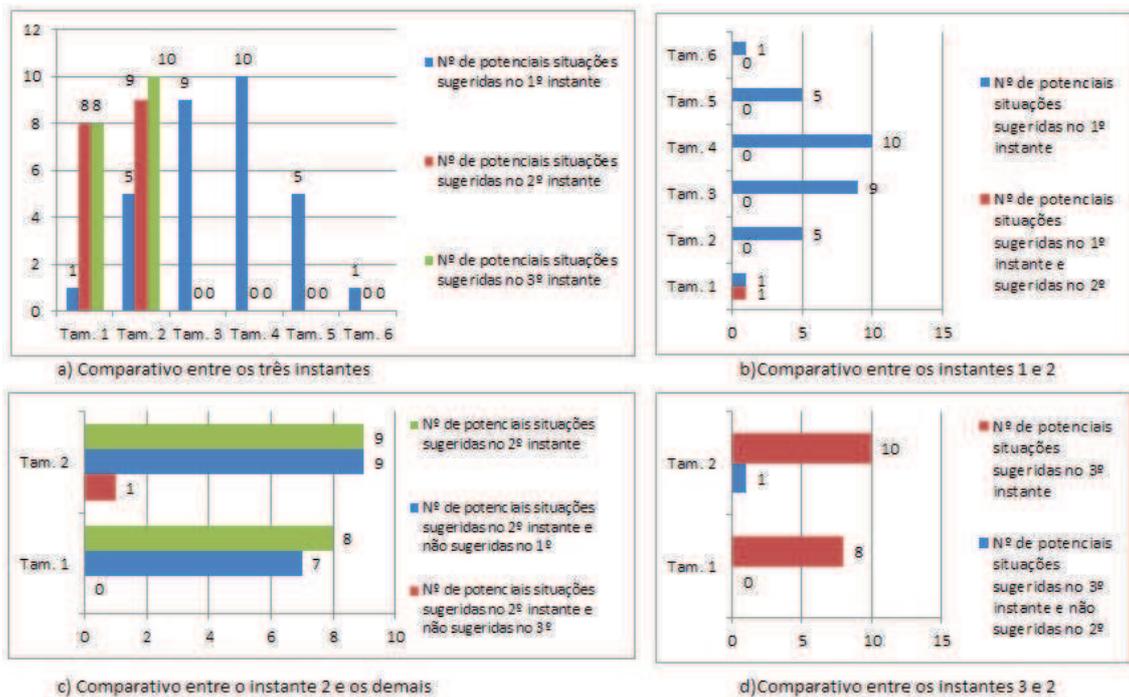


Figura 4.9 - Análise das execuções para atividade A

4.4.2. Caso 2 – Atividade J: Transmitir informações e parâmetros do voo

Foram considerados apenas os elementos contextuais referentes à atividade J apresentados na Tabela 3. Dessas 22 instâncias, 13 alcançaram o objetivo e 9 não alcançaram.

A execução do Apriori para esse log gerou:

- 8 *itemsets* de tamanho 1, dos quais 2 eram compostos por *itemsets* fora do seu valor esperado/padrão: “condicaometeorologica_impeditiva”; “pista_ naooperacional”;
- 25 *itemsets* de tamanho 2, dos quais apenas 10 tinham ao menos um elemento contextual fora do valor esperado/padrão;
- 40 *itemsets* de tamanho 3, mas apenas 20 tinham ao menos um elemento contextual fora do valor esperado/ padrão;
- 35 *itemsets* de tamanho 4, mas apenas 20 tinham ao menos um elemento contextual fora do valor esperado/ padrão;
- 16 *itemsets* de tamanho 5, mas apenas 10 tinham ao menos um elemento contextual fora do valor esperado/padrão; e
- 3 *itemsets* de tamanho 6, mas apenas 2 tinham ao menos um elemento contextual fora do valor esperado/default.

Das duas situações mapeadas para essa atividade nenhuma delas foi identificada. Além disso, elas não consideram os elementos contextuais condição meteorológica assumindo o valor “condicaometeorologica_impeditiva” nem pista assumindo o valor pista_ naooperacional.

Em $t=2$, o sistema gerador de log foi executado mais uma vez e, o arquivo contextelements continha apenas os elementos contextuais referentes à atividade Transmitir informações e parâmetros de voo apresentados na Tabela 3. Dessas 41496 instâncias, 20811 alcançaram o objetivo e 20685 não alcançaram.

A execução do Apriori para esse log gerou:

- 14 *itemsets* de tamanho 1, dos quais 8 eram compostos por *itemsets* fora do seu valor esperado/padrão: "piloto_atuacaointerrompida"; "tipomissao_prioritaria"; "aeronave_ naooperacional"; "equipamentoaerodromo_ naooperacional"; "equipamentoaerodromo_ parcialmenteoperacional"; "condicaometeorologica_ desfavoravel"; "condicaometeorologica_ impeditiva"; "regulamento_ naoconforme";
- 12 *itemsets* de tamanho 2, dos quais 11 tinham ao menos um elemento contextual fora do valor esperado/padrão; e
- Nenhum *itemset* de tamanho maior que 2.

Das duas situações mapeadas para essa atividade nenhuma delas foi identificada. Dos 11 *itemsets* de tamanho 2 que tinham ao menos um elemento contextual fora do valor esperado/padrão, apenas 3 também foram sugeridos na execução anterior: “controlador=controlador_atuacaopadrao pista=pista_ naooperacional”; “piloto=piloto_atuacaopadrao pista=pista_ naooperacional” e “pista=pista_ naooperacional regulamento=regulamento_ conforme”.

Em $t=3$, o sistema gerador de log foi executado mais uma vez e o arquivo contextelements continha apenas os elementos contextuais referentes a essa atividade apresentados na Tabela 3. Dessas 82946 instâncias, 41566 alcançaram o objetivo e 41430 não alcançaram.

A execução do Apriori para esse log gerou:

- 14 *itemsets* de tamanho 1, dos quais 8 eram compostos por *itemsets* fora do seu valor esperado/padrão: "piloto_atuacaointerrompida";

- "tipomissao_prioritaria";
- "aeronave_naooperacional";
- "equipamentoaerodromo_naooperacional";
- "equipamentoaerodromo_parcialmenteoperacional";
- "condicaometeorologica_desfavoravel";
- "condicaometeorologica_impeditiva"; "regulamento_naoconforme";
- 11 *itemsets* de tamanho 2, dos quais 9 tinham ao menos um elemento contextual fora do valor esperado/padrão; e
- Nenhum *itemset* de tamanho maior que 2.

Das duas situações mapeadas para essa atividade nenhuma delas foi identificada. Dos 9 *itemsets* de tamanho 2 que tinham ao menos um elemento contextual fora do valor esperado/padrão, apenas o *itemset* “piloto=piloto_atuacaopadrao regulamento=regulamento_naoconforme” apareceu nessa execução e não havia aparecido na execução anterior. Entretanto, os *itemsets*: “controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaointerrompida”; “controlador=controlador_atuacaointerrompida pista=pista_naooperacional” e “controlador=controlador_atuacaointerrompida regulamento=regulamento_conforme” apareceram na execução anterior e não apareceram nessa execução.

No primeiro instante do log, nenhuma das situações mapeadas foi identificada, contudo novas possíveis situações envolvendo o elemento contextual condição meteorológica com o valor “condicaometeorologica_impeditiva” e/ou o elemento contextual pista com o valor “pista_naooperacional” foram sugeridas. Já no segundo instante do log, ainda continuamos com o cenário de não ter nenhuma situação mapeada identificada, porém novas possíveis situações foram sugeridas, sugestões essas que nem envolviam o elemento contextual condição meteorológica. Das 11 potenciais novas situações, apenas 3 delas eram repetidas da primeira execução. Por fim, no terceiro instante do log, ainda continuamos com o cenário de não ter nenhuma situação mapeada identificada, entretanto 1 nova possível situação foi sugerida, e que não havia sido sugerida na execução anterior, e 3 novas possíveis situações sugeridas na execução anterior não apareceram mais nessa execução. Todos os resultados gerados para os três instantes de tempo encontram-se no Apêndice B.

Na Figura 4.10, são apresentados 4 gráficos contendo a análise da execução do Apriori para atividade J nos três instantes de construção do log:

- O gráfico (a) mostra um comparativo entre o número de potenciais situações identificadas em cada instante.
- O gráfico (b) mostra uma comparação entre o número de potenciais situações identificadas no primeiro instante e quantas delas foram identificadas também no segundo instante.
- O gráfico (c) mostra uma comparação entre o número de potenciais situações identificadas no segundo instante e quantas delas foram identificadas apenas nesse instante, ou seja, não aparecerem no primeiro instante ou não aparecerem no terceiro instante.
- O gráfico (d) mostra uma comparação entre o número de potenciais situações identificadas no terceiro instante e quantas delas foram identificadas apenas nesse instante, ou seja, não aparecerem no segundo instante.

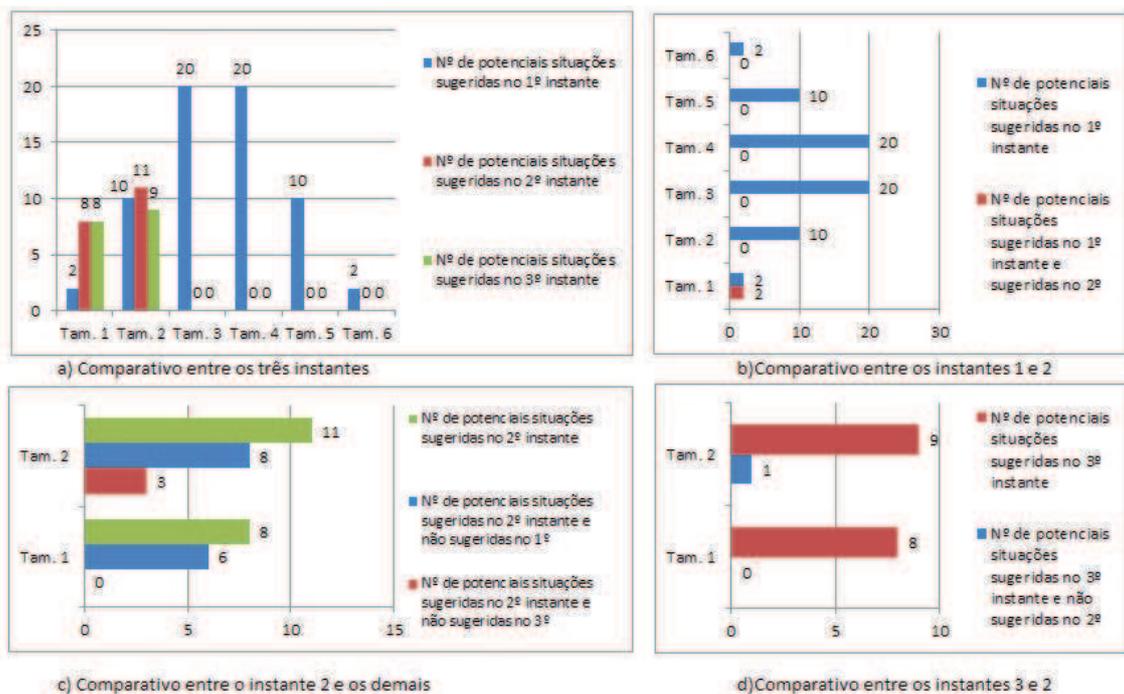


Figura 4.10 - Análise das execuções para atividade J

4.4.3. Caso 3 – Atividade R: Preencher plano de voo

Foram considerados apenas os elementos contextuais referentes à atividade R apresentados na Tabela 3. Dessas 22 instâncias, 13 alcançaram o objetivo e 9 não alcançaram.

A execução do Apriori para esse log gerou:

- 9 *itemsets* de tamanho 1, dos quais 2 eram compostos por *itemsets* fora do seu valor esperado/padrão: “condicaometeorologica_impeditiva”; “pista_naooperacional”;
- 33 *itemsets* de tamanho 2, dos quais apenas 12 tinham ao menos um elemento contextual fora do valor esperado/padrão;
- 65 *itemsets* de tamanho 3, mas apenas 30 tinham ao menos um elemento contextual fora do valor esperado/ padrão;
- 72 *itemsets* de tamanho 4, mas apenas 40 tinham ao menos um elemento contextual fora do valor esperado/ padrão;
- 44 *itemsets* de tamanho 5, mas apenas 30 tinham ao menos um elemento contextual fora do valor esperado/padrão;
- 14 *itemsets* de tamanho 6, mas apenas 12 tinham ao menos um elemento contextual fora do valor esperado/padrão; e
- 2 *itemsets* de tamanho 7, e todos tinham ao menos um elemento contextual fora do valor esperado/padrão.

Das quatro situações mapeadas para essa atividade nenhuma delas foi identificada, além disso, elas não consideram os elementos contextuais condição meteorológica, assumindo o valor “condicaometeorologica_impeditiva”, nem pista, assumindo o valor pista_naooperacional.

Para a segunda construção do log, foi utilizado o sistema gerador de log sintético que gerou 41474 instâncias, essas instâncias foram adicionadas ao log da primeira construção gerando um log contendo 41496 instâncias. O arquivo contextelements continha apenas os elementos contextuais referentes a essa atividade apresentados na Tabela 3. Dessas 41496 instâncias, 20752 alcançaram o objetivo e 20744 não alcançaram.

A execução do Apriori para esse log gerou:

- 16 *itemsets* de tamanho 1, dos quais 9 eram compostos por *itemsets* fora do seu valor esperado/padrão: “controlador=controlador_atuacaointerrompida”; “tipomissao=tipomissao_prioritaria”; “equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_naooperacional”; “equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_parcialmenteoperacio

nal"; "condicaometeorologica=condicaometeorologica_desfavoravel";
"condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva";
"gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_ativo";
"pista=pista_ naooperacional";
"espacoaereo=espacoaereo_ naooperacional";

- 20 *itemsets* de tamanho 2, dos quais 14 tinham ao menos um elemento contextual fora do valor esperado/padrão; e
- Nenhum *itemset* de tamanho maior que 2.

Das quatro situações mapeadas para essa atividade, nenhuma delas foi identificada. Dentre os 14 *itemsets* de tamanho 2 que tinham ao menos um elemento contextual fora do valor esperado/padrão apenas 3 também foram sugeridos na execução anterior: "tipomissao=tipomissao_convencional pista=pista_ naooperacional"; "gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_ naooperacional" e "pista=pista_ naooperacional espacoaereo=espacoaereo_operacional"

Para a terceira construção do log, foi utilizado o sistema gerador de log sintético que gerou 41450 instâncias, essas instâncias foram adicionadas ao log da segunda construção gerando um log contendo 82946 instâncias. O arquivo contextelements continha apenas os elementos contextuais referentes a essa atividade apresentados na Tabela 3. Dessas 82946 instâncias, 41495 alcançaram o objetivo e 41501 não alcançaram.

A execução do Apriori para esse log gerou:

- 16 *itemsets* de tamanho 1, dos quais 9 eram compostos por *itemsets* fora do seu valor esperado/padrão:
"controlador=controlador_atuacaointerrompida";
"tipomissao=tipomissao_prioritaria";
"equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_ naooperacional";
"equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_ parcialmenteoperacional"; "condicaometeorologica=condicaometeorologica_desfavoravel";
"condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva";
"gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_ativo";
"pista=pista_ naooperacional";
"espacoaereo=espacoaereo_ naooperacional";

- 21 *itemsets* de tamanho 2, dos quais 18 tinham ao menos um elemento contextual fora do valor esperado/padrão; e
- Nenhum *itemset* de tamanho maior que 2.

Das quatro situações mapeadas para essa atividade, nenhuma delas foi identificada. Dos 18 *itemsets* sugeridos, os *itemsets*: “controlador = controlador_atuacaopadrao gerenciamentofluxo = gerenciamentofluxo_ativo”; “controlador = controlador_atuacaopadrao pista = pista_naooperacional”; “tipomissao = tipomissao_prioritaria gerenciamentofluxo = gerenciamentofluxo_ativo”; “tipomissao = tipomissao_prioritaria pista = pista_naooperacional”; “gerenciamentofluxo = gerenciamentofluxo_ativo pista = pista_naooperacional”; “pista = pista_naooperacional espacoaereo = espacoaereo_naooperacional” apareceram nessa execução e não haviam aparecido na execução anterior. Em compensação, os *itemsets* “gerenciamentofluxo = gerenciamentofluxo_inativo pista = pista_naooperacional” e “pista = pista_operacional espacoaereo = espacoaereo_naooperacional” apareceram na execução anterior e não apareceram nessa execução.

No primeiro instante do log, nenhuma das situações mapeadas foi identificada, contudo novas possíveis situações envolvendo o elemento contextual condição meteorológica com o valor “condicaometeorologica_impeditiva” e/ou o elemento contextual pista com o valor “pista_naooperacional” foram sugeridas. Já no segundo instante do log, ainda continuamos com o cenário de não ter nenhuma situação mapeada identificada, porém novas possíveis situações foram sugeridas, sugestões essas que nem envolviam o elemento contextual condição meteorológica. Das 14 potenciais novas situações, apenas 3 delas eram repetidas da primeira execução. Por fim, no terceiro instante do log, ainda continuamos com o cenário de não ter nenhuma situação mapeada identificada. Entretanto, 6 novas possíveis situações foram sugeridas e que não haviam sido sugeridas na execução anterior e 2 novas possíveis situações sugeridas na execução anterior não apareceram mais nessa execução. Todos os resultados gerados para os três instantes de tempo encontram-se no Apêndice C.

Na Figura 4.11, são apresentados 4 gráficos contendo a análise da execução do Apriori para atividade J nos três instantes de construção do log:

- O gráfico (a) mostra um comparativo entre o número de potenciais situações identificadas em cada instante.

- O gráfico (b) mostra uma comparação entre o número de potenciais situações identificadas no primeiro instante e quantas delas foram identificadas também no segundo instante.
- O gráfico (c) mostra uma comparação entre o número de potenciais situações identificadas no segundo instante e quantas delas foram identificadas apenas nesse instante, ou seja, não aparecerem no primeiro instante ou não apareceram no terceiro instante.
- O gráfico (d) mostra uma comparação entre o número de potenciais situações identificadas no terceiro instante e quantas delas foram identificadas apenas nesse instante, ou seja, não aparecerem no segundo instante.

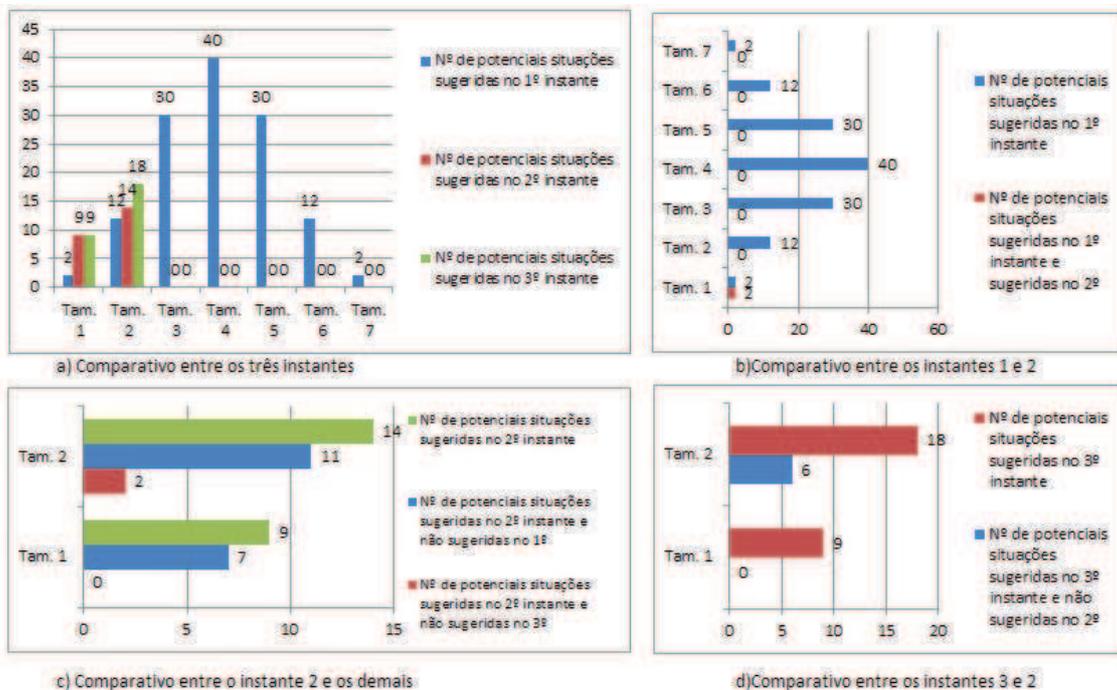


Figura 4.11 - Análise das execuções para atividade R

4.5. Discussão

Foram realizados dois estudos de caso com objetivos diferentes. O primeiro estudo de caso, com uma base de dados pequena, avaliou preliminarmente o método proposto. Esse estudo de caso percorreu os dois cenários descritos na proposta, e analisou cada uma das possibilidades de divisão da base de instâncias. O estudo de caso apontou que é possível com esse método, tanto sugerir novas situações facilitando a atualização da base de situações, quanto contribuir com a manutenção da base de regras

de adaptação e de elementos contextuais, indicando quando elas estão passíveis de atualização.

O modelo de contexto apresentado em MATTOS (2012), e visto aqui na Figura 2.1, é empregado em cada instância, viabilizando determinar o relacionamento entre as camadas. O fato de poderem existir novos elementos contextuais atuando nas atividades do processo, os quais não haviam sido previstos antes, pode fazer com que o modelo de contexto tenha que ser revisto, dado que podem surgir novos relacionamentos entre as camadas. Além disso, como as regras de adaptação podem ser uma das causas de desalinhamento das instâncias aos objetivos, percebe-se a importância da inclusão desse conceito ao modelo de contexto.

O estudo de caso Piloto mostrou o quanto é fundamental a participação de especialistas em quase todo o método, é através deles que se identificam as novas situações que devem ser inseridas na base de situações. São eles que confirmam a necessidade ou não de atualizar as regras de adaptação, e de maneira geral, são eles que irão concluir quais as melhorias no processo que devem ser feitas. Entretanto, podem ocorrer casos em que com o método não seja possível identificar novas situações, necessidade de alteração de regras de adaptação, e nem novos elementos contextuais. Neste caso, pode-se avaliar se essas instâncias são apenas ocorrências pontuais, apesar de sabermos que, se foi feita uma análise para elas, é porque esse grupo de instâncias representa um número superior ao indicado no início da execução do método, ou seja, é um número considerável na visão do especialista.

O estudo de caso exploratório foi realizado em uma base sintética, analisando apenas as instâncias que não atingiram o objetivo, com o olhar sobre três atividades diferentes. Esse estudo de caso foi realizado com o propósito de discutir as seguintes questões:

- 1. O comportamento de instâncias de um mesmo processo sofrem modificações ao longo do tempo a ponto de gerar modificações no conjunto ou de situações mapeadas, ou de regras de adaptação sugeridas ou de elementos contextuais que interferem no processo?**

Com os três casos executados, foi possível observar que o comportamento das instâncias para a mesma atividade sofreu modificações à medida que a base cresceu. Além disso, observou-se que as modificações sofridas ao longo do tempo foram capazes de gerar modificações no conjunto de situações mapeadas. Esse fato nos indica

que as situações podem evoluir, e isso torna factível o aprendizado com o dinamismo do contexto através do método proposto. Por exemplo, na atividade R em $t=3$, dentre as 18 potenciais novas situações de tamanho 2, seis delas foram sugeridas e que não haviam sido sugeridas $t=2$ e 2 novas possíveis situações sugeridas em $t=2$ não apareceram mais nessa execução. Nessa mesma atividade, nenhuma das 4 situações já previamente mapeadas foram identificadas nas execuções, indicando que houve evolução das situações, dado que o contexto dessa atividade sofreu modificações ao longo do tempo.

2. **Dado um número suficiente (definido por especialista) de instâncias que não atingiram os objetivos traçados para o processo, é possível sugerir através da mineração de dados a potencial causa desse desalinhamento?** Pode-se observar que, através da mineração de dados aplicada em instâncias que não atingiram o objetivo, é possível identificar novos padrões e através deles sugerir a potencial causa desse desalinhamento. Nos casos avaliados, a potencial causa foi que poderiam existir situações não mapeadas interferindo na execução do processo. A definição se os padrões gerados pelo Apriori são de fato novas situações é feita pelos especialistas. Por exemplo, na atividade A, de duas situações já mapeadas, apenas a situação 2 foi identificada e isso só ocorreu no instante $t=2$. Foram sugeridas no total dos três instantes 48 potenciais novas situações para atividade A.

No próximo capítulo, são apresentados os trabalhos relacionados e é feita uma comparação entre eles e a proposta apresentada nesse trabalho.

5. Trabalhos Relacionados

Neste capítulo, são apresentadas as principais pesquisas relacionadas a esse trabalho na área de adaptação de processos e na área de sistemas sensíveis ao contexto (Seção 5.1). São apresentados os problemas que cada proposta busca resolver, a solução sugerida por elas e suas vantagens e desvantagens em relação a presente dissertação. Em seguida, é feito um comparativo de cada trabalho com a proposta apresentada (Seção 3.2). Por fim, na seção 3.3 são apresentadas as conclusões.

5.1. Pesquisas em Adaptação de Processo de Negócio

O trabalho apresentado por BUCCHIARONE et al. (2011) traz como problema a ser resolvido o fato de existirem na literatura abordagens que derivam mudanças em nível do modelo através da análise das mudanças que ocorrem com frequência no nível de instância. Para os autores, os problemas desse tipo de abordagem é que uma adaptação em nível de instância pode não ser boa para o processo como todo, sendo boa apenas para um contexto / situação específica e, portanto, não pode simplesmente ser propagada para o modelo de processo. Além disso, adicionar o demandante da adaptação ao modelo de processo original nem sempre é uma boa solução, uma vez que pode resultar na incorporação de atividades de manipulação de falhas ao invés de tentar resolver o problema que exigiu a adaptação em tempo de execução.

Para superar essas limitações, é apresentado um framework de evolução do contexto que, em vez de buscar mudanças de processos recorrentes, pesquisa por necessidades de adaptação recorrentes. Em tempo de execução, é possível determinar que um determinado contexto, que em tempo de design foi assumido que ocorreria raramente, na verdade ocorre para uma elevada percentagem de instâncias do processo. Nesta situação, são analisadas as adaptações no nível de instância que têm sido usadas para tratar o contexto inesperado. Com base em tais adaptações, são determinadas as

alterações que devem ser realizadas sobre o modelo do processo, a fim de lidar com o novo contexto.

Nesse trabalho, contexto é modelado pelo especialista de domínio como um conjunto de propriedades de contexto. A propriedade de contexto representa alguma importante característica do ambiente que pode mudar ao longo do tempo. O especialista modela a evolução de uma propriedade de contexto com um diagrama de propriedade de contexto, o qual é um sistema de transição de estado. Nesse trabalho, estados correspondem à possível configuração de uma propriedade e as transições representam uma possível evolução da propriedade. Cada transição é rotulada com um evento que caracteriza as alterações. É importante notar que uma propriedade de contexto pode evoluir como um efeito da execução do processo de negócios, que corresponde ao comportamento "normal" do domínio, mas também como resultado do "inesperado". Por esta razão, a modelagem e gerenciamento do contexto são feitos separados dos modelos de processos de negócio.

O framework evolutivo proposto por eles é composto por três fases: execução, análise e evolução. Durante a primeira fase, o framework é responsável por gerenciar a execução e a adaptação do sistema para o registro de todas as informações que podem ser úteis para as outras fases. O log a ser utilizado nas próximas fases é composto pelos caminhos traçados pelas instâncias; necessidades de adaptação; ações de adaptação realizadas e desempenho da execução. Durante a fase de análise, o framework controla e avalia a qualidade de execução dos processos em relação aos KPI (*Key Performance Indicator* - Indicadores Chave de Desempenho) que são usados para avaliar o desempenho das instâncias do processo, resolve a necessidade de evolução para um determinado modelo de processo e, com base no histórico de execução, identifica o problema contextual em termos de configuração recorrente do sistema que requer a adaptação necessária. Na fase de evolução, o framework usa as informações obtidas a partir da fase de análise para computar as variações do modelo de processo que incorporam o melhor desempenho (em relação a KPI) das sugestões de evolução ou impedem a violação causada pela restrição de contexto. Essas sugestões de evolução são, então, apresentadas ao especialista do processo, que decide se devem ser adotadas para futuras execuções.

A vantagem desse trabalho em relação à proposta desta dissertação está no fato de que as variações do processo são mantidas e evoluídas com base na análise de execuções anteriores e essa análise é capaz de sugerir evoluções ao modelo do processo,

dado que uma variação de processo pode estar ocorrendo de maneira tão frequente que deva ser incorporada ao modelo. As desvantagens estão no fato do contexto ser definido de maneira apartada ao processo. Além disso, as variações do processo não são as situações e sim blocos de execuções agregados ao processo em tempo de execução. Em resumo, tratam da evolução do modelo de processos, mas não do contexto para adaptação dinâmica.

O trabalho apresentado por HALLERBACH et al (2007) traz como problema a ser resolvido o fato de que nas abordagens existentes, variações do processo, normalmente são definidas e mantidas em modelos de processos separados resultando em uma quantidade enorme de modelos redundantes, uma vez que os modelos de variantes possuem entre si a maioria de suas partes semelhantes. Além disso, não há apoio para a combinação (semi) automática das variações existentes, a fim de criar uma nova. O *Process Variants by Options* (Provop) permite a configuração dinâmica das variações de processo com base no contexto do processo, isto é, as operações de mudança do fluxo do processo necessárias para criar uma variação do respectivo processo são dinamicamente selecionadas com base na informação contextual.

Provop suporta a configuração do processo sensível ao contexto, isto é, ele permite a configuração de uma variação do processo, aplicando apenas em um dado contexto do processo. Num primeiro passo, o contexto do processo tem de ser definido, utilizando variáveis de contexto com um determinado intervalo de valor. Provop distingue entre variáveis de contexto estático e dinâmico. Variáveis de contexto estático são definidas uma vez e seu valor é fixo ao longo da execução do processo. O valor das variáveis de contexto dinâmico, por sua vez, pode ser alterado durante a execução do processo. Às vezes, há restrições que descrevem a relação entre as variáveis de contexto. Dado que essas relações podem ser muito complexas, Provop permite a definição de regras formais através da lógica IF THEN ELSE. As relações entre as variáveis de contexto podem ser representadas graficamente através de um gráfico de contexto. Um contexto de processo é definido por opções de configurações com a variação de processo.

A primeira etapa desta proposta foi levantar os requisitos relacionados e necessários em cada fase do ciclo de vida do processo. Foram requisitos de modelagem das variações do processo, sua instanciação com contexto do processo, sua execução em um WFMS e sua contínua otimização quando evoluções são necessárias. Na fase de modelagem, a proposta define o modelo de processo base, as operações de mudança que

irão descrever a diferença entre o modelo base e o modelo contendo a variação correspondente, e as opções, que são o agrupamento de múltiplas operações de mudança em um único objeto. Em seguida, é feita a configuração do processo sensível ao contexto, onde se definem as restrições de contexto do processo, que especifica sob qual contexto uma dada opção deve ser utilizada. A seleção e instanciação são responsáveis pela configuração dos modelos de diferentes variações. A implantação e execução são responsáveis por transformar os modelos para um modelo executável de workflow. Por fim, a fase de otimização permite evoluir e aperfeiçoar o modelo de processo básico sem torná-lo obsoleto. Essa evolução pode ser feita através da incorporação de uma dada variação do processo que ocorra de maneira frequente justificando essa incorporação.

A vantagem desse trabalho está no fato de que as variações do processo, apesar de definidas como blocos de execuções, são escolhidas e incorporadas automaticamente em tempo de execução de uma instância baseando-se no contexto daquela execução. As desvantagens, em relação à proposta aqui apresentada, estão no fato de que essas alterações não são orientadas a objetivos, é feita uma checagem apenas da consistência do modelo do processo após a inclusão de uma variação (verifica se gera deadlock ou inconsistência dos dados). As atualizações em uma variação de processo só são realizadas quando é identificado que o modelo de processo básico sofreu alteração e essa alteração impacta nessa variação.

PAIS (*Process-Aware Information Systems* - Sistemas de Informação Sensíveis a Processo), "sistema de software que gerencia e executa os processos operacionais envolvendo pessoas, aplicações e / ou fontes com base em modelos de processos", é uma abordagem tecnológica de apoio (semi) automatizado à adaptação dinâmica de processo (DUMAS et al, 2005). Entre os PAIS existentes, destacam-se (SCHONENBERG; WEBER et al, 2008): YAWL (VAN DER AALST E HOFSTEDE, 2005), FLOWer (DUMAS et al, 2005), Declare (PESIC; VAN DER AALST, 2006) e ADEPT (REICHERT et al, 2003), cada um apoiando a flexibilidade de uma maneira diferente. Em geral, os PAIS permitem mudanças sem recodificar as partes do sistema, mas nenhum deles apoia a adaptação em termos de adequação para o negócio, mas apenas assegurando que qualquer adaptação não vai de alguma forma corromper o processo. Além disso, as análises e consequentes adaptações sugeridas nesses PAIS são feitas manualmente. As decisões sobre a adaptação não são registradas, e nem uma análise sobre elas é feita. Nossa abordagem procura identificar a razão para a

divergência entre os objetivos do processo destinados e seus resultados reais, sugerindo possíveis soluções, ao contrário das abordagens PAIS que tratam o problema em um nível sintático (estrutura do modelo).

CHIMINO et al (2012) apresentam como problema a ser resolvido o fato de que a relação entre a informação e situações contextuais é estática, e não pode ser adaptada quando o comportamento do utilizador muda, ou seja, quando a sensibilidade ao contexto é alcançada por meio de regras pré-definidas, os usuários têm que reconfigurar o sistema quando seu comportamento muda, resultando em uma tarefa frustrante e irritante. Eles propõem um framework geral baseado em regras para gerenciar sensibilidade à situação. Situação é definida nesse trabalho através do padrão ECA (Evento-Controle-Ação), onde a base do modelo situacional pode ser expressa em termos de regras de condição da forma `if < context conditions > then < situation >`.

Sensibilidade à situação é um paradigma de computação que permite aos aplicativos serem capazes de perceberem e compreenderem a situação do usuário, a fim de antecipar ou prever a sua demanda. Os autores fornecem uma abordagem robusta e geral para o conhecimento da situação, em que tanto a arquitetura do sistema quanto o conhecimento comportamental possam ser facilmente integrados em um ambiente aberto, apoiando uma variedade de insumos e prestação de conhecimento situacional para múltiplas aplicações. Para garantir a interoperabilidade estrutural e funcional, a arquitetura proposta foi concebida de acordo com uma abordagem orientada a agentes, que opera no nível de conhecimento, com um comportamento flexível, de fácil manutenção, reutilização e independência de plataforma. Isto é conseguido graças ao uso de tecnologias altamente padronizadas, como a Web Semântica e Raciocínio aproximado (*fuzzy*), bem como padrões de arquitetura.

A proposta foi construída em três etapas. Primeiramente foi feita uma extensão ao padrão ECA (Evento-Controle-Ação), nomeada de ECAA (Evento-Controle-Ação e Adaptação). Segundo o padrão ECA, a base do modelo situacional pode ser expressa em termos de regras de condição da forma `if < context conditions > then < situation >`. A parte anterior é feita por uma combinação lógica de condições, expressa em termos de variáveis contextuais que representam informações básicas ou informações provenientes de amostras de sensores. A parte consequente de cada regra modela uma reação à mudança de informações de contexto, avaliando nova situação atual do usuário e entregando os resultados relacionados. Em seguida, é proposta uma arquitetura de software para gestão de sensibilidade à situação. Por fim, a arquitetura deverá levar o

comportamento do usuário em conta, a fim de reconhecer corretamente a situação atual. Esta personalização permite disparo de uma regra. Para tal, os autores constroem um módulo de aperfeiçoamento do comportamento. Esse módulo utiliza o conceito de histórico do contexto, dados relevantes para coletar a cerca do histórico do contexto do usuário, preocupando-se com o estado de fontes de contexto e as situações relacionadas. Para tal, o usuário deve expressar uma informação explícita, sinalizando o início / fim de cada situação e mantendo essa etapa para coletar uma quantidade suficiente de dados de treinamento. Uma vez coletado, o contexto histórico é empregado como conjunto de treinamento para um algoritmo genético (AG). O AG visa adaptar conjuntos *fuzzy* para o comportamento real e o hábito do usuário, aumentando a precisão e capacidade de resposta da avaliação da situação.

As vantagens desse trabalho estão no fato de que dentre as propostas estudadas é a primeira que apresenta e define através de um padrão (ECAA) o conceito de regra de adaptação. Além disso, trata-se de uma proposta de uma arquitetura que faz a gestão da sensibilidade e dinamismo do contexto, preocupando-se em evolui-lo. Por outro lado, como desvantagem, quando comparado à proposta aqui apresentada, tem o fato de não ser uma proposta na área de adaptação de processos de negócio e esse fato inevitavelmente carrega consigo a ausência de uma evolução das situações orientada a objetivos, nesse trabalho essa evolução é orientada ao comportamento do usuário.

5.2. Quadro Resumo

Baseado nos trabalhos pesquisados, a Tabela 5 apresenta uma síntese sobre cada proposta apresentada, analisando-as através dos seguintes critérios:

- **Apoio à adaptação de processo de negócio:** Avalia se é uma abordagem que objetiva à adaptação de processo de negócio, permitindo-o ser mais flexível, ainda que essa flexibilidade esteja associada apenas aos modelos e não à execução de instâncias do processo;
- **Uso dos conceitos de situação e elementos contextuais incorporados ao processo:** Avalia se é definido o conceito de situação e o de elementos contextuais e se esses conceitos estão associados ao processo;
- **Definição de regras de adaptação:** Avalia se é definido o conceito de regra de adaptação objetivando contornar em tempo de execução as situações encontradas;

- **Orientação a objetivo:** Avalia se a proposta analisa e acompanha se após as adaptações realizadas o processo manteve-se alinhado aos objetivos, metas ou indicadores traçados; e
- **Evolução sugerida na proposta de adaptar o processo:** O que é sugerido evoluir de forma a melhorar o exercício da adaptação do processo.

Uma análise da tabela nos mostra que nenhum dos trabalhos estudados define regras de adaptação. Além disso, apenas um trabalho (BUCCHIARONE et al, 2011) realizou a adaptação do processo de forma a mantê-lo alinhado aos objetivos da organização. Apesar dos trabalhos evoluírem suas propostas de adaptação, eles estão preocupados com a revisão do modelo do processo com base em contexto e adaptações feitas, mas não com o contexto e o seu dinamismo.

Tabela 5 - Quadro Resumo Comparativo

Proposta	Autores e Ano	Objetivo	Apoia Adaptação de Processo de Negócio?	Situação e elementos contextuais incorporados ao processo?	Definição de Regra de Adaptação?	Orientada a Objetivo?	Evolução sugerida
A Context-Aware Framework for Business Processes Evolution.	Bucchiarone et al. (2011)	Framework de apoio à adaptação dinâmica de processo sensível ao contexto baseado na instância de execução do processo e no histórico de adaptação.	Sim	Não	Não	Sim	Evolução no modelo do processo.
Managing Process Variants in the Process Life Cycle	Hallerbach et al (2007)	Solução flexível para gestão de variantes de processo em todo o ciclo de vida do processo.	Sim	Sim	Não	Não	Evolução das variações de processo em caso de alterações no modelo do processo.
YAWL, FLOWer, Declare e ADEPT	Van Der Aalst E Hofstede (2005), Dumas et al (2005), Pesic; Van Der Aalst (2006) E Reichert et al (2003)	Abordagem tecnológica de apoio (semi) automatizado à adaptação dinâmica de processo	Sim	Não	Não	Não	Não se aplica
An adaptive rule-based approach for managing situation-awareness	Chimino et al (2012)	Framework geral baseado em regras para gerenciar sensibilidade à situação	Não	Sim, contudo incorpora aos sistemas sensíveis ao contexto.	Sim	Não	Evolução no módulo de aperfeiçoamento baseado no comportamento do usuário.
Um Método Para Inferir A Necessidade De Atualização De Situações Na Adaptação De Processos De Negócios	Carvalho et al. (2013)	Método para inferir a necessidade de atualização das situações e sugerir evoluções para elas visando uma adaptação dinâmica contextualizada de processos de negócio.	Sim	Sim	Sim	Sim	Evolução do modelo de contexto com vistas à adaptação dinâmica de processos.

5.3. Conclusões

Neste capítulo, foram apresentados os principais trabalhos na área de adaptação de processos de negócio. O objetivo foi observar de que forma tratam a evolução de contexto e regras de adaptação, de acordo com as questões desta pesquisa. Apesar de ter sido apresentado um trabalho fora da área de adaptação de processos de negócio (CHIMINO et al, 2012), ele foi incluído como forma de analisar as definições de situação e como elas são monitoradas e evoluídas em outras áreas relacionadas a contexto.

Não foram encontradas abordagens que proponham um método para identificar as causas do desalinhamento aos objetivos de algumas execuções do processo como forma de analisar a evolução do contexto e adequar o processo às potenciais novas interferências.

No próximo capítulo, são apresentadas as conclusões da dissertação. As limitações são discutidas, e alguns trabalhos futuros são indicados.

6. Conclusão

SCHONENBERG et al. (2008) afirmam que o sucesso econômico de uma organização depende do aperfeiçoamento de seus processos de forma a reduzir custos e melhorar seu desempenho e, mais ainda, da sua capacidade em reagir às mudanças em seu ambiente operacional. A natureza dinâmica do ambiente empresarial moderno indica que os processos estão sujeitos a uma gama cada vez maior de variações, devendo demonstrar abordagens flexíveis para lidar com essas variações.

Na literatura, encontram-se propostas que tratam da adaptação de processos de negócio e da evolução de situações como BUCCHIARONE et al. (2011); SCHONENBERG; MANS et al (2008); HALLERBACH et al (2007); VAN DER AALST E HOFSTEDE (2005), DUMAS et al (2005), PESIC; VAN DER AALST (2006); REICHERT et al (2003); CHIMINO et al (2012). No entanto, existe uma lacuna quanto a abordagens que possuem uma definição de situação e seu relacionamento com os elementos contextuais e uma definição de regra de adaptação, permitindo que seja possível identificar as causas do desalinhamento aos objetivos de algumas execuções do processo como forma de analisar a evolução do contexto e adequar o processo às possíveis novas interferências.

Nesta dissertação, foi proposto um método que infere a necessidade de atualização de situações que influenciam a execução de um processo de negócio, inclusive com possibilidade de sugestão de novas situações. Além disso, o método pode sugerir atualização das regras de adaptação e/ou dos elementos contextuais mapeados. Essas sugestões são feitas a partir de resultados da aplicação da técnica de mineração de dados Regra de Associação, através do algoritmo Apriori, que é utilizado para gerar os padrões existentes no log e, a partir deles, gerar as potenciais novas situações.

O método proposto foi avaliado por um estudo de caso Piloto em um processo real, porém adaptado e reduzido, em um cenário complexo e relevante: o Controle de Tráfego Aéreo. Para a realização do estudo de caso, foi necessário percorrer as etapas de

entendimento do cenário; definição do conjunto de dados a serem empregados na avaliação da proposta; criação do log, com o objetivo de monitorar o valor dos elementos contextuais nas instâncias da atividade definida para avaliação; criação das situações a serem avaliadas, com ajuda de especialista, e por meio da especificação de regras com associações entre elementos contextuais e, por fim, a aplicação e avaliação da proposta. Para a realização desta última etapa, o Apriori foi executado para as 6 possibilidades de aplicação dele, 4 possibilidades envolvendo instâncias adaptadas e 2 possibilidades envolvendo instâncias não adaptadas. No estudo de caso realizado o método foi capaz de sugerir novas situações, de sugerir análise e possível atualização das regras de adaptação e de sugerir investigação se não existem novos elementos contextuais atuando no processo. Concluiu-se também, que das 4 possibilidades para as instâncias adaptadas, duas não são recomendadas, pois ou geram o mesmo resultado de outra execução ou por nada agregarem ao especialista para ajudá-lo na identificação da razão do desalinhamento. Essas duas possibilidades são aquelas que analisam tanto as situações que não atingiram os objetivos quanto as que atingiram.

Além disso, os resultados de um estudo de caso exploratório foram analisados à luz das duas questões de pesquisa formuladas, uma sobre o dinamismo do contexto e a possibilidade de se aprender com ele e outra sobre a possibilidade da mineração de dados poder identificar a causa do desalinhamento aos objetivos quando algumas instâncias não os atingirem. O estudo de caso exploratório também foi realizado no cenário do Controle do Espaço Aéreo, porém o log foi gerado de forma sintética.

Para a realização do estudo de caso exploratório, foi necessário percorrer as etapas de definição do conjunto de dados a serem empregados na avaliação da proposta; definição de quais atividades seriam avaliadas; definição das situações a serem avaliadas, com ajuda de especialista e por meio da confecção de regras com associações entre elementos contextuais; criação do log, com o objetivo de monitorar o valor dos elementos contextuais nas instâncias da atividade definida para avaliação e, por fim, a aplicação e avaliação da proposta. Para a realização desta última etapa, o Apriori foi executado em três instantes de tempo para cada uma das três atividades escolhidas. Com esse estudo de caso foi avaliada a dinamicidade do contexto e foi observado que é possível aprender com o seu dinamismo. Além disso, foi possível observar que a mineração de dados pode contribuir na identificação da causa do desalinhamento aos objetivos, quando algumas instâncias não os atingirem.

6.1. Contribuições do trabalho

A contribuição principal dessa pesquisa foi o método para identificar e sugerir potenciais novas situações; inferir as necessidade de atualização das regras de adaptação e inferir a necessidade de atualização do conjunto de elementos contextuais.

Além disso, foi construído um sistema para analisar os padrões gerados pelo Apriori, retirar deles aqueles que ou já compostos apenas por elementos contextuais em seu valor esperado/padrão ou já são uma situação definida, e apresentar os *itemsets* restantes como potenciais novas situações. A partir de então, cabe aos especialistas uma análise de quais padrões sugeridos são de fato uma nova situação e sinalizá-las, para que assim a base de situações seja atualizada.

Também cabe destacar que a abordagem proposta contempla o conceito de Situação, a descrição de como ela deve ser especificada e sua relação com os elementos contextuais para que estes possam ser monitorados durante a execução de um processo.

Outra contribuição dessa pesquisa é a sua aplicação na tese de doutorado de NUNES (2011), que propõe um modelo de gestão do conhecimento para a adaptação dinâmica de processos e um Sistema de Gestão de Contexto (GCAdapt) que atua como um servidor central apoiando o gerenciamento do ciclo de vida de contexto. O GCAdapt é composto por quatro módulos: Agregador, Mediador, Tratador e Atuador, além de uma série de mecanismos de captura de elementos contextuais e de mecanismos de implementação de processos. Este trabalho contribui no módulo Tratador, que gerencia Definição de Situações e Regras de Adaptação no Repositório de regras de contexto.

Por fim, os resultados obtidos a partir dos estudos de caso apontaram várias questões para prosseguimento da pesquisa. Os trabalhos futuros, detalhados na Seção 6.3, sintetizam as principais sugestões.

6.2. Limitações

Esta pesquisa possui alguns pontos específicos que restringem sua aplicação. Dado que elementos contextuais estão associados às atividades de um processo, e é a partir deles que as situações são mapeadas, em um processo não estruturado (por exemplo, um processo intensivo em conhecimento), onde fluxo de eventos não é claramente conhecido, dificilmente apresentando métricas para avaliar o seu sucesso

(DAVENPORT, 1996), não é trivial identificar o não alinhamento com os objetivos. Em outras palavras, trata-se de uma proposta voltada para processos estruturados.

Além disso, o método proposto é altamente dependente de interação humana. Os especialistas são responsáveis por definir a partir de que percentual de não alinhamento com os objetivos se faz necessário investigar as causas; eles que definem a periodicidade de execução do método, eles definem se dentre as potenciais sugestões existem de fato novas situações. Caso não sejam geradas novas situações, cabe a eles avaliar a regra de adaptação utilizada, quando forem instâncias adaptadas, ou executar o método de identificação de novos elementos contextuais.

Dado que o Apriori busca pelos itens mais frequentes, a escolha do valor do suporte mínimo depende do comportamento das instâncias e da tolerância dos especialistas à ocorrência dessas instâncias durante as execuções do processo, por exemplo, para um dado processo o especialista pode definir que deseja investigar o comportamento das situações que aconteceram em mais de 10% das instâncias já executadas. Logo, nesse caso, o suporte mínimo deve ser 0.1. Em outro processo essa tolerância pode ser maior, algo em torno de 50%, para esse caso o suporte mínimo será de 0.5.

Caso o método não identifique novas situações, os especialistas não vejam necessidade de atualização das regras de adaptação e o método ORGANON não identifique novos elementos contextuais, nada se poderá afirmar, dando a sensação de falha no método, quando na verdade pode ter sido a ocorrência pontual de instâncias em desalinhamento aos objetivos.

Em relação à avaliação da proposta, entende-se que o ideal seria uma a validação em um cenário real, com uma base de dados contendo um número de instâncias adequado para tal. No entanto, não foi possível obter tal cenário. Desta forma, a avaliação realizada utilizou dados a partir de um gerador de log sintético que gera as transações a partir de uma distribuição uniforme que é distribuição contínua, utilizada para modelar a ocorrência de eventos cuja probabilidade é constante em intervalos de mesma dimensão. Essa distribuição gerou equilíbrio no número de ocorrências de cada valor possível para cada elemento contextual individualmente, Entretanto gerou instâncias com comportamentos diversos e bem distribuídos, o que pode não ter sido simulado tão próximo da realidade quanto se gostaria. No cenário utilizado no estudo de caso exploratório, por exemplo, em execuções reais o tipo missão prioritária não ocorre com tanta frequência quanto tipo missão convencional e nos logs gerados sinteticamente

a frequência de ocorrência delas era próxima de 50% para cada. Não é possível afirmar que a solução é generalizável para qualquer cenário, pois seria necessário observar mais casos em diferentes domínios.

6.3. Trabalhos futuros

Durante o decorrer da pesquisa para este trabalho de dissertação foram identificados trabalhos futuros:

- Estender o método a outros tipos de processos e não apenas a processos bem estruturados, como, por exemplo, processos intensivos em conhecimento.
- Evoluir o modelo de dados utilizado e o método de forma que ele seja capaz de sugerir também novas regras de adaptação e não apenas a necessidade de adaptá-las;
- Evoluir o método para que seja capaz de sugerir também melhorias nos processos. Para tal, podem-se analisar as instâncias que sofreram interferência de situações e verificar se alguma dessas interferências já não está frequente o suficiente que justifique uma alteração definitiva no modelo do processo, ao invés de adaptar uma instância específica para atender aos objetivos;
- Aplicar e avaliar o método proposto em processos de outros domínios;
- Aplicar e avaliar o método proposto com uma maior quantidade de instâncias, com atividades de perfis diferentes e uma variabilidade maior de situações e elementos contextuais;
- Desenvolver a automatização completa do método, construindo um sistema que incorpore o WEKA e o @ISituation. Esse sistema deverá ser capaz de obter o log, pré processar ele extraindo apenas as informações que serão utilizadas pelo WEKA, executar o WEKA e analisar o resultado do WEKA através do @ISituation;
- Integrar o método ORGANON ao método aqui proposto como forma de agilizar a identificação de novos elementos contextuais quando novas situações não forem identificadas;

Esta dissertação abre perspectivas para as pesquisas em adaptação de processos no sentido de que sugere uma maneira de manter sempre atualizado o conjunto de objetos que podem demandar ou atuar no ciclo de vida do processo a ser adaptado. A compreensão e tratamento da dinâmica de contexto não são triviais. A abordagem proposta nesta dissertação mostra que é factível acompanhar e evoluir o processo frente a esse dinamismo.

7. Referências bibliográficas

- AGRAWAL, R.; SRIKANT, R. 1994. "Fast Algorithms For Mining Association Rules." In Proceedings of the 20th International Conference on Very Large Data Bases VLDB, Vol. 1215, pp. 487-499. Santiago de Chile, Chile, Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- ANASTASSIU, M. 2012. "Um Método para Identificação de Elementos Contextuais que Impactam em Processos de Negócio," M.S. thesis, Programa de Pós-Graduação em Informática, UNIRIO, Rio de Janeiro, Brasil.
- ANGELONI, M. T. (2003). "Elementos intervenientes na tomada de decisão". CI. INF, 32(1), 17-22.
- BIDER, I., 2005, "Masking flexibility behind rigidity: Notes on how much flexibility people are willing to cope with". In: Proceedings of the CAiSE'05 Workshops. Workshop on Business Process Modeling, Development and Support, pp. 7-18, Porto, Portugal.
- BIZAGI PROCESS MODELER, Version 1.6.1.0, 2012. "BPMN Software". <http://www.bizagi.com>. Julho/2013.
- BRACHMAN, R. J.; ANAND, T., 1996. "The process of knowledge discovery in databases". In book: Advances in knowledge discovery and data mining, pp. 37 – 57. American Association for Artificial Intelligence Menlo Park, CA, USA.
- BRÉZILLON, P.; POMEROL, J.-C. 1999. "Contextual Knowledge Sharing and Cooperation in Intelligent Assistant Systems", Le Travail Humain, PUF, Paris, v. 62, n. 3, pp. 223-246.
- BUCCHIARONE, A., MARCONI, A., PISTORE, M., & SIRBU, A., 2011. "A context-aware framework for business processes evolution". In: Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops (EDOCW), 2011 15th IEEE International, pp. 146-154, Helsinki, Finlândia.

- CARVALHO, J.E.S., SANTORO, F. M., 2012, “Inferindo Regras para Adaptação de Processos de Negócios baseada em Contexto”. In: Workshop de Teses e Dissertações – Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação, pp. 49, São Paulo - SP, Brasil.
- CARVALHO, J.E.S.; SANTORO, F. M., REVOREDO, K., NUNES, V. T., 2013a, “Aprendendo Contexto para Adaptar Processo. In: Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação”. Anais do Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2013. v. 1, pp. 613, João Pessoa –PB, Brasil.
- CARVALHO, J.E.S., SANTORO, F. M., REVOREDO, K., NUNES, V. T., 2013b, “Learning Context to adapt Business Processes”. In: Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD), 2013 IEEE 17th International Conference on, pp. 229-234, Whistler - BC, Canada.
- CIMINO, M. G., LAZZERINI, B., MARCELLONI, F., & CIARAMELLA, A., 2012. “An Adaptive Rule-Based Approach For Managing Situation-Awareness”. *Expert Systems With Applications*, 39(12), 10796-10811.
- CORTÊS, S. DA C.; PORCARO, R. M.; LIFSCHITZ, S. 2002. "Mineração De Dados - Funcionalidades, Técnicas E Abordagens." Rio De Janeiro: Pontificia Universidade Católica.
- DAVENPORT, T. H., JARVENPAA, S. L., BEERS, M. C., 1996, “Improving knowledge work processes”, *Sloan Management Review*, vol. 37, pp. 53-65.
- DIAS, M. M. 2002. "Parâmetros Na Escolha De Técnicas E Ferramentas De Mineração De Dados." *Acta Scientiarum. Technology* 24: pp. 1715-1725.
- DUMAS, M., LA ROSA, M., MENDLING, J., & REIJERS, H. A. 2013. “Introduction to business process management”. In *Fundamentals of Business Process Management* (pp. 1-31). Springer. Berlin Heidelberg.
- DUMAS, M.; VAN DER AALST, W.M.P.; HOFSTEDE, A. H. T. 2005. “Process Aware Information Systems: Bridging People and Software Through Process Technology”, Wiley-Interscience.
- FAYYAD, U.; PIATETSKY-SHAPIRO G.; SMYTH P., 1996a. “From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases” In: *AI Magazine*. Vol. 17. pp. 37-54.
- FAYYAD, U.; PIATETSKY-SHAPIRO G.; SMYTH P., 1996b. “Knowledge Discovery and Data Mining: Towards a Unifying Framework.” *Second International Conference on KD & DM*, Vol. 96, pp. 82-88, Portland, Oregon, 1996b.

- G1. 2012 “Média de voos diários em Campinas cresce 287% em Viracopos e Amarais”. Disponível em <http://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/noticia/2012/10/media-de-voos-diarios-em-campinas-cresce-287-em-viracopos-e-amarais.html> Acessado em: 10 de julho de 2013.
- GARTNER GROUP, 2009, “Meeting the Challenge: The 2009 CIO Agenda”, EXP Premier Report January 2009, Gartner, Inc, Stamford, Connecticut.
- HALLERBACH, A.; BAUER, T.; REICHERT, M. 2007. “Managing Process Variants in the Process Life Cycle.” Technical Report TR-CTIT-07-87, University of Twente.
- HAN, J.; KAMBER, M. 2006. Data Mining: Concepts And Techniques. Morgan Kaufmann.
- KUMAR, K., NARASIPURAM, M., 2006, “Defining requirements for business process flexibility”. In: Proceedings of the CAiSE’06 Workshop. Workshop on Business Process Modeling, Development, and Support (BPMDS’06), pp. 137–148, Luxemburgo.
- MATTOS, T. 2012. “Um modelo para formalização de contexto em processos de negócio,” M.S. thesis, Programa de Pós-Graduação em Informática, UNIRIO, Rio de Janeiro, Brasil
- MATTOS, T.; SANTORO, F.M.; REVOREDO, K.; NUNES, V.T. 2012. “Formalizing the Situation of a Business Process Activity.” In: Proceedings of 16th IEEE International Conference on Computer-Supported Cooperative Work, v. 1. pp. 128-134, Wuhan.
- MEJIA BERNAL, J. FALCARIN, P. MORISIO, M. ET AL., 2010, "Dynamic Context-aware Business Process: A rule-based approach supported by pattern identification". In: SAC '10: Proceedings of the 2010 ACM Symposium on Applied Computing, pp. 470-474, SIERRE, SWITZERLAND.
- MORAIS, L.R 2008. “Estudo de barreiras acústicas no controle do ruído aeroportuário” Tese de Doutorado, Pós Graduação em Engenharia. COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- NUNES, V. T.; SANTORO, F. M.; BREZILLON, P.; WERNER, C. M. L. 2011. "Contextualizing dynamic process adaptation", In: 7th International and Interdisciplinary Conference on Modeling and Using (CONTEXT'11), Karlsruhe, Germany.

- NUNES, V. T.; WERNER, C.M.L.; SANTORO, F.M. 2011. "Dynamic process adaptation: A context-aware approach". In: Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD), 2011 15th International Conference on, pp. 97-104, Lausanne, Suíça.
- NUNES, V. T.; WERNER, C.M.L.; SANTORO, F.M. 2012. "Mediating process adaptation through a goal-oriented context-aware approach." In: Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD), 2012 IEEE 16th International Conference on, pp. 160-167, Wuhan.
- NUNES, V.T. 2011. "Adaptação dinâmica de processos: Uma abordagem orientada a contexto," Exame de Qualificação de Doutorado, COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.
- NUNES, V.T., 2007, "Um Modelo de Suporte à Gestão de Conhecimento Baseado em Contexto". Dissertação de Mestrado, NCE-IM/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- OMG - Object Management Group, 2013, "Business Process Management". Disponível em <http://www.bpmn.org>. Acesso em 12 Jul 2013.
- PEDREIRA, O., PIATTINI, M., LUACES, M., BRISABOA, N., 2007, "A systematic review of software process tailoring". SIGSOFT Softw. Eng. Notes, v. 32, n. 3, pp. 1-6.
- PESIC, M.; VAN DER AALST, W.M.P. 2006 "A declarative approach for flexible business processes management".In: Business Process Management Workshops. LNCS, Vol. 4803, pp 169-180. Springer, Heidelberg.
- PIMENTEL, M., 2011. "Estudo De Caso Em Sistemas Colaborativos". In: Pimentel, M., & Fuks, H. O. (2011). Sistemas Colaborativos. Rio De janeiro-Rj: Elsevier-Campus-Sbc.
- PLOESSER, K.; PELEG, M.; SOFFER, P.; ROSEMANN, M.; RECKER, J. 2009, "Learning from Context to Improve Business Processes". BPTrends, 6(1). pp. 1-7.
- RANDOMDATAGENERATOR. 2013 "Class RandomDataGenerator". Disponível em <http://commons.apache.org/proper/commons-math/apidocs/org/apache/commons/math3/random/RandomDataGenerator.html> Acessado em: 10 de julho de 2013.
- REGEV, G. BIDER, I.; WEGMANN, A., 2007, "Defining Business Process Flexibility with the Help of Invariants", Software Process: Improvement and Practice, V. 12, N. 1, P. 65-79.

- REICHERT, M.; RINDERLE, S.; DADAM, P. 2003. "Adept workflow management system" In: Business Process Management, 2003. LNCS, vol. 2678. Springer. Heidelberg.
- ROSEMANN M., RECKER J., FLENDER C., 2008, "Contextualization of business processes" In: International Journal of Business Process Integration and Management, vol. 3, pp. 47-60, No. 1.
- ROZINAT, A.; VAN DER AALST, W.M.P. 2006. "Decision Mining in ProM". In S. Dustdar, J.L. Fiadeiro, and A. Sheth, editors, BPM 2006, volume 4102 of Lecture Notes in Computer Science, pp 420–425. Springer-Verlag, Berlin.
- SAIDANI, O.; NURCAN, S. 2007. "Towards Context Aware Business Process Modelling." Workshop on Business Process Modelling, Development, and Support (BP-MDS), June 11-12, 2007, Trondheim, Norway.
- SANTOS, M. Y. C. A., 2011. "Padrão – Um Sistema De Descoberta De Conhecimento Em Bases De Dados Georeferenciadas", Universidade do Minho, 2001, Tese de Doutorado.
- SARAVANAN, M.S; RAMA SREE, R.J. 2011. "Application of Mining Algorithms using ProM and Weka Tools" In: International Journal of Computer Science and Telecommunications, volume 2, issue 3, pp.331-337.
- SCHONENBERG, H.; MANS, R.; RUSSEL, N.; MULYAR N.; VAN DER AALST, W.M.P. 2008 "Process flexibility: A survey of contemporary approaches". In: 4th International Workshop CIAO, and 4th International Workshop EOMAS, held at CAiSE 2008, June 16, 2008 - June 17, 2008, pp. 16-30, Montpellier, France, 2008.
- SCHONENBERG, H.; WEBER, B.; VAN DONGEN, B. F.; VAN DER AALST, W. M. P. 2008. "Supporting Flexible Processes Through Recommendations Based On History", In Proc. BPM'08, 2008, pp. 51–66.
- SOFFER P., GHATTAS J., PELEG M., 2010, "A Goal-Based Approach for Learning in Business Processes". In: Nurcan, Salinesi, Souveyet, Ralyté (eds), Intentional Perspectives on Information Systems Engineering, Springer.
- VAN DER AALST, W.M.P.; HOFSTEDDE, A. H. M. T. 2005. "YAWL: Yet Another Workflow Language", Information Systems, v.30, pp.245-275.
- VIEIRA, V., 2008, "CEMANTIKA: A Domain-Independent Framework for Designing Context-Sensitive System". Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco.

- WESKE, M., 2007, “Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures”. 1 ed. Springer.
- WIKIPEDIA. 2013 “Aeroporto”. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Aeroporto>
Acessado em: 10 de julho de 2013.
- XIA, Y., & WEI, J. 2008. “Context-Driven Business Process Adaptation For Ad Hoc Changes”. In E-Business Engineering, 2008. Icebe'08. IEEE International Conference On, pp. 53-60.
- YIN, R. K., 2010, “Estudo De Caso – Planejamento E Métodos”, 4a Ed. Porto Alegre: Bookman.

Apêndice A – Resultados do Estudo de Caso Exploratório: Caso 1

INSTANTE t=1

*potenciais novas situações destacadas em negrito.

==== Run information ====

Scheme: weka.associations.Apriori -I -N 10000 -T 0 -C 0.9 -D 0.05 -U 1.0 -M 0.25 -
S -1.0 -c -1

Relation: preencher_plano_voo-
weka.filters.unsupervised.instance.RemoveWithValues-S0.0-Clast-Lfirst-
weka.filters.unsupervised.attribute.Remove-R9-weka.filters.unsupervised.attribute.Remove-R1-
2

Instances: 9

Attributes: 6

piloto

tipomissao

aeronave

equipamentoaerodromo

condicaometeorologica

regulamento

==== Associator model (full training set) ====

Apriori

=====

Minimum support: 0.25 (2 instances)

Minimum metric <confidence>: 0.9

Number of cycles performed: 15

Generated sets of large *itemsets*:

Size of set of large *itemsets* L(1): 7

Large *Itemsets* L(1):

piloto=piloto_atuacaopadrao 9

tipomissao=tipomissao_convencional 8

aeronave=aeronave_operacional 9

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional 9

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 5

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4

regulamento=regulamento_conforme 9

Size of set of large *itemsets* L(2): 20

Large *Itemsets* L(2):

piloto=piloto_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional 8

piloto=piloto_atuacaopadrao aeronave=aeronave_operacional 9

piloto=piloto_atuacaopadrao

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional 9

piloto=piloto_atuacaopadrao condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel

5

piloto=piloto_atuacaopadrao

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4

piloto=piloto_atuacaopadrao regulamento=regulamento_conforme 9

tipomissao=tipomissao_convencional aeronave=aeronave_operacional 8

tipomissao=tipomissao_convencional

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional 8

tipomissao=tipomissao_convencional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 4

tipomissao=tipomissao_convencional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4

tipomissao=tipomissao_convencional regulamento=regulamento_conforme 8

aeronave=aeronave_operacional

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional 9

aeronave=aeronave_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 5

aeronave=aeronave_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4

aeronave=aeronave_operacional regulamento=regulamento_conforme 9

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 5

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
regulamento=regulamento_conforme 9

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
regulamento=regulamento_conforme 5

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
regulamento=regulamento_conforme 4

Size of set of large *itemsets* L(3): 30

Large *Itemsets* L(3):

piloto=piloto_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
aeronave=aeronave_operacional 8

piloto=piloto_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional 8

piloto=piloto_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 4

piloto=piloto_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4

piloto=piloto_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
regulamento=regulamento_conforme 8

piloto=piloto_atuacaopadrao aeronave=aeronave_operacional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional 9

piloto=piloto_atuacaopadrao aeronave=aeronave_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 5

piloto=piloto_atuacaopadrao aeronave=aeronave_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4

piloto=piloto_atuacaopadrao aeronave=aeronave_operacional
regulamento=regulamento_conforme 9

piloto=piloto_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 5

piloto=piloto_atuacaopadrao

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4

piloto=piloto_atuacaopadrao

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

regulamento=regulamento_conforme 9

piloto=piloto_atuacaopadrao condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel

regulamento=regulamento_conforme 5

piloto=piloto_atuacaopadrao

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva

regulamento=regulamento_conforme 4

tipomissao=tipomissao_convencional aeronave=aeronave_operacional

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional 8

tipomissao=tipomissao_convencional aeronave=aeronave_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 4

tipomissao=tipomissao_convencional aeronave=aeronave_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4

tipomissao=tipomissao_convencional aeronave=aeronave_operacional

regulamento=regulamento_conforme 8

tipomissao=tipomissao_convencional

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 4

tipomissao=tipomissao_convencional

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4

tipomissao=tipomissao_convencional

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

regulamento=regulamento_conforme 8

tipomissao=tipomissao_convencional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel regulamento=regulamento_conforme

4

tipomissao=tipomissao_convencional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva

regulamento=regulamento_conforme 4

aeronave=aeronave_operacional

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 5

aeronave=aeronave_operacional

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4

aeronave=aeronave_operacional

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

regulamento=regulamento_conforme 9

aeronave=aeronave_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel regulamento=regulamento_conforme

5

aeronave=aeronave_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva

regulamento=regulamento_conforme 4

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel regulamento=regulamento_conforme

5

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva

regulamento=regulamento_conforme 4

Size of set of large *itemsets* L(4): 25

Large *Itemsets* L(4):

piloto=piloto_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional

aeronave=aeronave_operacional equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

8

piloto=piloto_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional

aeronave=aeronave_operacional condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 4

piloto=piloto_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional

aeronave=aeronave_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4

piloto=piloto_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional

aeronave=aeronave_operacional regulamento=regulamento_conforme 8

piloto=piloto_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 4

piloto=piloto_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4

piloto=piloto_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
regulamento=regulamento_conforme 8

piloto=piloto_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel regulamento=regulamento_conforme
4

piloto=piloto_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
regulamento=regulamento_conforme 4

piloto=piloto_atuacaopadrao aeronave=aeronave_operacional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 5

piloto=piloto_atuacaopadrao aeronave=aeronave_operacional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4

piloto=piloto_atuacaopadrao aeronave=aeronave_operacional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
regulamento=regulamento_conforme 9

piloto=piloto_atuacaopadrao aeronave=aeronave_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel regulamento=regulamento_conforme
5

piloto=piloto_atuacaopadrao aeronave=aeronave_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
regulamento=regulamento_conforme 4

piloto=piloto_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel regulamento=regulamento_conforme
5

piloto=piloto_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
regulamento=regulamento_conforme 4

tipomissao=tipomissao_convencional aeronave=aeronave_operacional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 4

tipomissao=tipomissao_convencional aeronave=aeronave_operacional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4

tipomissao=tipomissao_convencional aeronave=aeronave_operacional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
regulamento=regulamento_conforme 8

tipomissao=tipomissao_convencional aeronave=aeronave_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel regulamento=regulamento_conforme
4

tipomissao=tipomissao_convencional aeronave=aeronave_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
regulamento=regulamento_conforme 4

tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel regulamento=regulamento_conforme
4

tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
regulamento=regulamento_conforme 4

aeronave=aeronave_operacional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel regulamento=regulamento_conforme
5

aeronave=aeronave_operacional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
regulamento=regulamento_conforme 4

Size of set of large *itemsets* L(5): 11

Large *Itemsets* L(5):

piloto=piloto_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
aeronave=aeronave_operacional equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 4

piloto=piloto_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
aeronave=aeronave_operacional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4

piloto=piloto_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
aeronave=aeronave_operacional equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
regulamento=regulamento_conforme 8

piloto=piloto_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
aeronave=aeronave_operacional condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
regulamento=regulamento_conforme 4

piloto=piloto_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
aeronave=aeronave_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
regulamento=regulamento_conforme 4

piloto=piloto_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel regulamento=regulamento_conforme
4

piloto=piloto_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
regulamento=regulamento_conforme 4

piloto=piloto_atuacaopadrao aeronave=aeronave_operacional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel regulamento=regulamento_conforme
5

piloto=piloto_atuacaopadrao aeronave=aeronave_operacional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
regulamento=regulamento_conforme 4

tipomissao=tipomissao_convencional aeronave=aeronave_operacional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel regulamento=regulamento_conforme
4

tipomissao=tipomissao_convencional aeronave=aeronave_operacional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
regulamento=regulamento_conforme 4

Size of set of large *itemsets* L(6): 2

Large *Itemsets* L(6):

piloto=piloto_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
aeronave=aeronave_operacional equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel regulamento=regulamento_conforme
4

piloto=piloto_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
aeronave=aeronave_operacional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
regulamento=regulamento_conforme 4

INSTANTE t=2

=== Run information ===

Scheme: weka.associations.Apriori -I -N 10000 -T 0 -C 0.9 -D 0.05 -U 1.0 -M 0.25 -
S -1.0 -c -1

Instances: 20553

Attributes: 6

piloto
tipomissao
aeronave
equipamentoaerodromo
condicaometeorologica
regulamento

=== Associator model (full training set) ===

Apriori

=====

Minimum support: 0.25 (5138 instances)

Minimum metric <confidence>: 0.9

Number of cycles performed: 15

Generated sets of large *itemsets*:

Size of set of large *itemsets* L(1): 14

Large *Itemsets* L(1):

piloto=piloto_atuacaopadrao 10250

piloto=piloto_atuacaointerrompida 10303

tipomissao=tipomissao_convencional 10259

tipomissao=tipomissao_prioritaria 10294

aeronave=aeronave_operacional 10546

aeronave=aeronave_naooperacional 10007

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional 6810

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_naooperacional 6897

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_parcialmenteoperacional 6846

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 6938

condicaometeorologica=condicaometeorologica_desfavoravel 6778

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 6837

regulamento=regulamento_conforme 10344

regulamento=regulamento_naoconforme 10209

Size of set of large *itemsets* L(2): 14

Large *Itemsets* L(2):

piloto=piloto_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_prioritaria 5143

piloto=piloto_atuacaopadrao aeronave=aeronave_operacional 5243

piloto=piloto_atuacaopadrao regulamento=regulamento_conforme 5200

piloto=piloto_atuacaointerrompida tipomissao=tipomissao_convencional 5152

piloto=piloto_atuacaointerrompida tipomissao=tipomissao_prioritaria 5151

piloto=piloto_atuacaointerrompida aeronave=aeronave_operacional 5303

piloto=piloto_atuacaointerrompida regulamento=regulamento_conforme 5144

piloto=piloto_atuacaointerrompida regulamento=regulamento_naoconforme 5159

tipomissao=tipomissao_convencional aeronave=aeronave_operacional 5256

tipomissao=tipomissao_convencional regulamento=regulamento_naoconforme

5156

tipomissao=tipomissao_prioritaria aeronave=aeronave_operacional 5290

tipomissao=tipomissao_prioritaria regulamento=regulamento_conforme 5241
aeronave=aeronave_operacional regulamento=regulamento_conforme 5299
aeronave=aeronave_operacional regulamento=regulamento_naoconforme 5247

INSTANTE t=3

=== Run information ===

Scheme: weka.associations.Apriori -I -N 10000 -T 0 -C 0.9 -D 0.05 -U 1.0 -M 0.25 -
S -1.0 -c -1

Instances: 41354

Attributes: 6

piloto
tipomissao
aeronave
equipamentoaerodromo
condicaometeorologica
regulamento

=== Associator model (full training set) ===

Apriori

=====

Minimum support: 0.25 (10339 instances)

Minimum metric <confidence>: 0.9

Number of cycles performed: 15

Generated sets of large *itemsets*:

Size of set of large *itemsets* L(1): 14

Large *Itemsets* L(1):

piloto=piloto_atuacaopadrao 20638

piloto=piloto_atuacaointerrompida 20716

tipomissao=tipomissao_convencional 20617

tipomissao=tipomissao_prioritaria 20737

aeronave=aeronave_operacional 21094

aeronave=aeronave_naooperacional 20260

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional 13686

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_naooperacional 13791

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_parcialmenteoperacional 13877
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 13867
condicaometeorologica=condicaometeorologica_desfavoravel 13776
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 13711
regulamento=regulamento_conforme 20649
regulamento=regulamento_naoconforme 20705

Size of set of large *itemsets* L(2): 14

Large *Itemsets* L(2):

piloto=piloto_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_prioritaria 10381
piloto=piloto_atuacaopadrao aeronave=aeronave_operacional 10476
piloto=piloto_atuacaopadrao regulamento=regulamento_conforme 10340
piloto=piloto_atuacaointerrompida tipomissao=tipomissao_convencional 10360
piloto=piloto_atuacaointerrompida tipomissao=tipomissao_prioritaria 10356
piloto=piloto_atuacaointerrompida aeronave=aeronave_operacional 10618
piloto=piloto_atuacaointerrompida regulamento=regulamento_naoconforme
10407
tipomissao=tipomissao_convencional aeronave=aeronave_operacional 10481
tipomissao=tipomissao_convencional regulamento=regulamento_naoconforme
10347
tipomissao=tipomissao_prioritaria aeronave=aeronave_operacional 10613
tipomissao=tipomissao_prioritaria regulamento=regulamento_conforme 10379
tipomissao=tipomissao_prioritaria regulamento=regulamento_naoconforme 10358
aeronave=aeronave_operacional regulamento=regulamento_conforme 10539
aeronave=aeronave_operacional regulamento=regulamento_naoconforme 10555

Apêndice B – Resultados do Estudo de Caso Exploratório: Caso 2

INSTANTE t=1

*potenciais novas situações destacadas em negrito.

==== Run information ====

Scheme: weka.associations.Apriori -I -N 10000 -T 0 -C 0.9 -D 0.05 -U 1.0 -M 0.25 -

S -1.0 -c -1

Instances: 9

Attributes: 6

controlador

piloto

equipamentoaerodromo

condicaometeorologica

pista

regulamento

==== Associator model (full training set) ====

Apriori

=====

Minimum support: 0.25 (2 instances)

Minimum metric <confidence>: 0.9

Number of cycles performed: 15

Generated sets of large *itemsets*:

Size of set of large *itemsets* L(1): 8

Large *Itemsets* L(1):

controlador=controlador_atuacaopadrao 8

piloto=piloto_atuacaopadrao 9

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional 9

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 5

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4

pista=pista_operacional 7

pista=pista_naooperacional 2

regulamento=regulamento_conforme 9

Size of set of large *itemsets* L(2): 25

Large *Itemsets* L(2):

controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao 8

controlador=controlador_atuacaopadrao

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional 8

controlador=controlador_atuacaopadrao

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 4

controlador=controlador_atuacaopadrao

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4

controlador=controlador_atuacaopadrao pista=pista_operacional 6

controlador=controlador_atuacaopadrao pista=pista_naooperacional 2

controlador=controlador_atuacaopadrao regulamento=regulamento_conforme 8

piloto=piloto_atuacaopadrao

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional 9

piloto=piloto_atuacaopadrao condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel

5

piloto=piloto_atuacaopadrao

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4

piloto=piloto_atuacaopadrao pista=pista_operacional 7

piloto=piloto_atuacaopadrao pista=pista_naooperacional 2

piloto=piloto_atuacaopadrao regulamento=regulamento_conforme 9

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 5

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional pista=pista_operacional 7

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

pista=pista_naooperacional 2

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

regulamento=regulamento_conforme 9

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_operacional 3

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel

pista=pista_naooperacional 2

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel

regulamento=regulamento_conforme 5

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva

pista=pista_operacional 4

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva

regulamento=regulamento_conforme 4

pista=pista_operacional regulamento=regulamento_conforme 7

pista=pista_naooperacional regulamento=regulamento_conforme 2

Size of set of large *itemsets* L(3): 40

Large *Itemsets* L(3):

controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional 8

controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 4

controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4

controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao

pista=pista_operacional 6

controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao

pista=pista_naooperacional 2

controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao

regulamento=regulamento_conforme 8

controlador=controlador_atuacaopadrao

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 4

controlador=controlador_atuacaopadrao

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4

controlador=controlador_atuacaopadrao

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional pista=pista_operacional 6

controlador=controlador_atuacaopadrao

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional pista=pista_naooperacional

2

controlador=controlador_atuacaopadrao

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

regulamento=regulamento_conforme 8

controlador=controlador_atuacaopadrao

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_operacional 2

controlador=controlador_atuacaopadrao

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_naooperacional 2

controlador=controlador_atuacaopadrao

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel regulamento=regulamento_conforme

4

controlador=controlador_atuacaopadrao

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva pista=pista_operacional 4

controlador=controlador_atuacaopadrao

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva

regulamento=regulamento_conforme 4

controlador=controlador_atuacaopadrao pista=pista_operacional

regulamento=regulamento_conforme 6

controlador=controlador_atuacaopadrao pista=pista_naooperacional

regulamento=regulamento_conforme 2

piloto=piloto_atuacaopadrao

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 5

piloto=piloto_atuacaopadrao

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4

piloto=piloto_atuacaopadrao

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional pista=pista_operacional 7

piloto=piloto_atuacaopadrao

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional pista=pista_naooperacional

2

piloto=piloto_atuacaopadrao

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

regulamento=regulamento_conforme 9

piloto=piloto_atuacaopadrao condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
pista=pista_operacional 3

piloto=piloto_atuacaopadrao

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_naooperacional 2

piloto=piloto_atuacaopadrao condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
regulamento=regulamento_conforme 5

piloto=piloto_atuacaopadrao

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva pista=pista_operacional 4

piloto=piloto_atuacaopadrao

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva

regulamento=regulamento_conforme 4

piloto=piloto_atuacaopadrao pista=pista_operacional
regulamento=regulamento_conforme 7

piloto=piloto_atuacaopadrao pista=pista_naooperacional

regulamento=regulamento_conforme 2

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_operacional 3

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_naooperacional 2

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel regulamento=regulamento_conforme
5

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva pista=pista_operacional 4

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva

regulamento=regulamento_conforme 4

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional pista=pista_operacional
regulamento=regulamento_conforme 7

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

pista=pista_naooperacional regulamento=regulamento_conforme 2

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_operacional
regulamento=regulamento_conforme 3

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel

pista=pista_naooperacional regulamento=regulamento_conforme 2

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva

pista=pista_operacional regulamento=regulamento_conforme 4

Size of set of large *itemsets* L(4): 35

Large *Itemsets* L(4):

controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 4

**controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4**

controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional pista=pista_operacional 6

**controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional pista=pista_naooperacional
2**

controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
regulamento=regulamento_conforme 8

controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_operacional 2

**controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_naooperacional 2**

controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel regulamento=regulamento_conforme
4

**controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva pista=pista_operacional 4**

**controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
regulamento=regulamento_conforme 4**

controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao
pista=pista_operacional regulamento=regulamento_conforme 6

**controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao
pista=pista_naooperacional regulamento=regulamento_conforme 2**

controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_operacional 2

controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_naooperacional 2
controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel regulamento=regulamento_conforme
4

controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva pista=pista_operacional 4

controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
regulamento=regulamento_conforme 4

controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional pista=pista_operacional
regulamento=regulamento_conforme 6

controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional pista=pista_naooperacional
regulamento=regulamento_conforme 2

controlador=controlador_atuacaopadrao
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_operacional
regulamento=regulamento_conforme 2

controlador=controlador_atuacaopadrao
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_naooperacional
regulamento=regulamento_conforme 2

controlador=controlador_atuacaopadrao
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva pista=pista_operacional
regulamento=regulamento_conforme 4

piloto=piloto_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_operacional 3

piloto=piloto_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_naooperacional 2

piloto=piloto_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel regulamento=regulamento_conforme
5

piloto=piloto_atuacaopadrao

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva pista=pista_operacional 4

piloto=piloto_atuacaopadrao

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva

regulamento=regulamento_conforme 4

piloto=piloto_atuacaopadrao

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional pista=pista_operacional

regulamento=regulamento_conforme 7

piloto=piloto_atuacaopadrao

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional pista=pista_naooperacional

regulamento=regulamento_conforme 2

**piloto=piloto_atuacaopadrao condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
pista=pista_operacional regulamento=regulamento_conforme 3**

piloto=piloto_atuacaopadrao

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_naooperacional

regulamento=regulamento_conforme 2

piloto=piloto_atuacaopadrao

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva pista=pista_operacional

regulamento=regulamento_conforme 4

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_operacional

regulamento=regulamento_conforme 3

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_naooperacional

regulamento=regulamento_conforme 2

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva pista=pista_operacional

regulamento=regulamento_conforme 4

Size of set of large *itemsets* L(5): 16

Large *Itemsets* L(5):

controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_operacional 2

**controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_naooperacional 2**

controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel regulamento=regulamento_conforme
4

**controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva pista=pista_operacional 4**

**controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
regulamento=regulamento_conforme 4**

controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional pista=pista_operacional
regulamento=regulamento_conforme 6

**controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional pista=pista_naooperacional
regulamento=regulamento_conforme 2**

controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_operacional
regulamento=regulamento_conforme 2

**controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_naooperacional
regulamento=regulamento_conforme 2**

**controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva pista=pista_operacional
regulamento=regulamento_conforme 4**

controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_operacional
regulamento=regulamento_conforme 2

controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_ naooperacional
regulamento=regulamento_conforme 2

controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva pista=pista_operacional
regulamento=regulamento_conforme 4

piloto=piloto_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_operacional
regulamento=regulamento_conforme 3

piloto=piloto_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_ naooperacional
regulamento=regulamento_conforme 2

piloto=piloto_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva pista=pista_operacional
regulamento=regulamento_conforme 4

Size of set of large *itemssets* L(6): 3

Large *Itemssets* L(6):

controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_operacional
regulamento=regulamento_conforme 2

controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_ naooperacional
regulamento=regulamento_conforme 2

controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva pista=pista_operacional
regulamento=regulamento_conforme 4

INSTANTE t=2

==== Run information ====

Scheme: weka.associations.Apriori -I -N 10000 -T 0 -C 0.9 -D 0.05 -U 1.0 -M 0.25 -

S -1.0 -c -1

Instances: 20685

Attributes: 6

controlador

piloto

equipamentoaerodromo

condicaometeorologica

pista

regulamento

==== Associator model (full training set) ====

Apriori

=====

Minimum support: 0.25 (5171 instances)

Minimum metric <confidence>: 0.9

Number of cycles performed: 15

Generated sets of large *itemsets*:

Size of set of large *itemsets* L(1): 14

Large *Itemsets* L(1):

controlador=controlador_atuacaopadrao 10281

controlador=controlador_atuacaointerrompida 10404

piloto=piloto_atuacaopadrao 10256

piloto=piloto_atuacaointerrompida 10429

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional 7020

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_naooperacional 6791

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_parcialmenteoperacional 6874

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 6887

condicaometeorologica=condicaometeorologica_desfavoravel 6821

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 6977

pista=pista_operacional 10231

pista=pista_naooperacional 10454

regulamento=regulamento_conforme 10361

regulamento=regulamento_naoconforme 10324

Size of set of large *itemsets* L(2): 12

Large *Itemsets* L(2):

controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaointerrompida 5183

controlador=controlador_atuacaopadrao pista=pista_naooperacional 5203

controlador=controlador_atuacaopadrao regulamento=regulamento_conforme 5180

controlador=controlador_atuacaointerrompida

piloto=piloto_atuacaointerrompida 5246

controlador=controlador_atuacaointerrompida pista=pista_naooperacional 5251

controlador=controlador_atuacaointerrompida

regulamento=regulamento_conforme 5181

controlador=controlador_atuacaointerrompida

regulamento=regulamento_naoconforme 5223

piloto=piloto_atuacaopadrao pista=pista_naooperacional 5174

piloto=piloto_atuacaointerrompida pista=pista_naooperacional 5280

piloto=piloto_atuacaointerrompida regulamento=regulamento_conforme 5270

pista=pista_naooperacional regulamento=regulamento_conforme 5255

pista=pista_naooperacional regulamento=regulamento_naoconforme 5199

INSTANTE t=3

=== Run information ===

Scheme: weka.associations.Apriori -I -N 10000 -T 0 -C 0.9 -D 0.05 -U 1.0 -M 0.25 -

S -1.0 -c -1

Instances: 41430

Attributes: 6

controlador

piloto

equipamentoaerodromo

condicaometeorologica

pista

regulamento

=== Associator model (full training set) ===

Apriori

=====

Minimum support: 0.25 (10358 instances)

Minimum metric <confidence>: 0.9

Number of cycles performed: 15

Generated sets of large *itemsets*:

Size of set of large *itemsets* L(1): 14

Large *Itemsets* L(1):

controlador=controlador_atuacaopadrao 20729

controlador=controlador_atuacaointerrompida 20701

piloto=piloto_atuacaopadrao 20721

piloto=piloto_atuacaointerrompida 20709

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional 13888

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_naooperacional 13693

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_parcialmenteoperacional 13849

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 13753

condicaometeorologica=condicaometeorologica_desfavoravel 13793

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 13884

pista=pista_operacional 20597

pista=pista_naooperacional 20833

regulamento=regulamento_conforme 20705

regulamento=regulamento_naoconforme 20725

Size of set of large *itemsets* L(2): 11

Large *Itemsets* L(2):

controlador=controlador_atuacaopadrao piloto=piloto_atuacaopadrao 10392

controlador=controlador_atuacaopadrao pista=pista_naooperacional 10483

controlador=controlador_atuacaopadrao regulamento=regulamento_conforme 10457

controlador=controlador_atuacaointerrompida

piloto=piloto_atuacaointerrompida 10372

controlador=controlador_atuacaointerrompida

regulamento=regulamento_naoconforme 10453

piloto=piloto_atuacaopadrao pista=pista_naooperacional 10433

piloto=piloto_atuacaopadrao regulamento=regulamento_naoconforme 10378

piloto=piloto_atuacaointerrompida pista=pista_naooperacional 10400

piloto=piloto_atuacaointerrompida regulamento=regulamento_conforme 10362

pista=pista_naooperacional regulamento=regulamento_conforme 10402

pista=pista_naooperacional regulamento=regulamento_naoconforme 10431

Apêndice C – Resultados do Estudo de Caso Exploratório: Caso 3

INSTANTE t=1

*potenciais novas situações destacadas em negrito.

==== Run information ====

Scheme: weka.associations.Apriori -I -N 10000 -T 0 -C 0.9 -D 0.05 -U 1.0 -M 0.25 -
S -1.0 -c -1

Instances: 9

Attributes: 7

controlador

tipomissao

equipamentoaerodromo

condicaometeorologica

gerenciamentofluxo

pista

espacoaereo

==== Associator model (full training set) ====

Apriori

=====

Minimum support: 0.25 (2 instances)

Minimum metric <confidence>: 0.9

Number of cycles performed: 15

Generated sets of large *itemsets*:

Size of set of large *itemsets* L(1): 9

Large *Itemsets* L(1):

controlador=controlador_atuacaopadrao 8

tipomissao=tipomissao_convencional 8

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional 9
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 5
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo 9
pista=pista_operacional 7
pista=pista_naooperacional 2
espacoaereo=espacoaereo_operacional 8

Size of set of large *itemsets* L(2): 33

Large *Itemsets* L(2):

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional 7
controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional 8
controlador=controlador_atuacaopadrao
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 4
controlador=controlador_atuacaopadrao
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4
controlador=controlador_atuacaopadrao
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo 8
controlador=controlador_atuacaopadrao pista=pista_operacional 6
controlador=controlador_atuacaopadrao pista=pista_naooperacional 2
controlador=controlador_atuacaopadrao espacoaereo=espacoaereo_operacional 7
tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional 8
tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 4
tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4
tipomissao=tipomissao_convencional gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo
8
tipomissao=tipomissao_convencional pista=pista_operacional 6
tipomissao=tipomissao_convencional pista=pista_naooperacional 2
tipomissao=tipomissao_convencional espacoaereo=espacoaereo_operacional 7
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 5

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo 9

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional pista=pista_operacional 7

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

pista=pista_naooperacional 2

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

espacoaereo=espacoaereo_operacional 8

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo 5

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_operacional 3

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel

pista=pista_naooperacional 2

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel

espacoaereo=espacoaereo_operacional 4

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo 4

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva

pista=pista_operacional 4

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva

espacoaereo=espacoaereo_operacional 4

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional 7

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional 2

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo

espacoaereo=espacoaereo_operacional 8

pista=pista_operacional espacoaereo=espacoaereo_operacional 6

pista=pista_naooperacional espacoaereo=espacoaereo_operacional 2

Size of set of large *itemsets* L(3): 65

Large *Itemsets* L(3):

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional 7

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 3

**controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4**

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo 7

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
pista=pista_operacional 5

**controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
pista=pista_naooperacional 2**

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 6

controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 4

**controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4**

controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo 8

controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional pista=pista_operacional 6

**controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional pista=pista_naooperacional
2**

controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 7

controlador=controlador_atuacaopadrao
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo 4

controlador=controlador_atuacaopadrao
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_operacional 2

**controlador=controlador_atuacaopadrao
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_naooperacional 2**

controlador=controlador_atuacaopadrao
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
espacoaereo=espacoaereo_operacional 3

controlador=controlador_atuacaopadrao
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo 4
controlador=controlador_atuacaopadrao
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva pista=pista_operacional 4
controlador=controlador_atuacaopadrao
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
espacoaereo=espacoaereo_operacional 4
controlador=controlador_atuacaopadrao
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional 6
controlador=controlador_atuacaopadrao
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional 2
controlador=controlador_atuacaopadrao
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo espacoaereo=espacoaereo_operacional 7
controlador=controlador_atuacaopadrao pista=pista_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 5
controlador=controlador_atuacaopadrao pista=pista_naooperacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2
tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 4
tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4
tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo 8
tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional pista=pista_operacional 6
tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional pista=pista_naooperacional
2
tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 7

tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo 4
tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_operacional 2
tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_naooperacional 2
tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
espacoaereo=espacoaereo_operacional 3
tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo 4
tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva pista=pista_operacional 4
tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
espacoaereo=espacoaereo_operacional 4
tipomissao=tipomissao_convencional gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo
pista=pista_operacional 6
tipomissao=tipomissao_convencional
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional 2
tipomissao=tipomissao_convencional gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo
espacoaereo=espacoaereo_operacional 7
tipomissao=tipomissao_convencional pista=pista_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 5
tipomissao=tipomissao_convencional pista=pista_naooperacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo 5
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_operacional 3
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_naooperacional 2

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
espacoaereo=espacoaereo_operacional 4

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo 4

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva pista=pista_operacional 4

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
espacoaereo=espacoaereo_operacional 4

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional 7

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional 2

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo espacoaereo=espacoaereo_operacional 8

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional pista=pista_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 6

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
pista=pista_naooperacional espacoaereo=espacoaereo_operacional 2

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional 3

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional 2

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo espacoaereo=espacoaereo_operacional 4

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
pista=pista_naooperacional espacoaereo=espacoaereo_operacional 2

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional 4

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo espacoaereo=espacoaereo_operacional 4

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
pista=pista_operacional espacoaereo=espacoaereo_operacional 4

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 6

**gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2**

Size of set of large *itemsets* L(4): 72

Large *Itemsets* L(4):

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 3

**controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 4**

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo 7

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional pista=pista_operacional 5

**controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional pista=pista_naooperacional
2**

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 6

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo 3

**controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_naooperacional 2**

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2

**controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo 4**

**controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva pista=pista_operacional 4**

**controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
espacoaereo=espacoaereo_operacional 4**

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional 5

**controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional 2**

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo espacoaereo=espacoaereo_operacional 6

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
pista=pista_operacional espacoaereo=espacoaereo_operacional 4

**controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
pista=pista_naooperacional espacoaereo=espacoaereo_operacional 2**

controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo 4

controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_operacional 2

**controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_naooperacional 2**

controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
espacoaereo=espacoaereo_operacional 3

**controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo 4**

**controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva pista=pista_operacional 4**

controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
espacoaereo=espacoaereo_operacional 4
controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional 6
controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional 2
controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo espacoaereo=espacoaereo_operacional 7
controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional pista=pista_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 5
controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional pista=pista_naooperacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2
controlador=controlador_atuacaopadrao
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional 2
controlador=controlador_atuacaopadrao
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional 2
controlador=controlador_atuacaopadrao
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo espacoaereo=espacoaereo_operacional 3
controlador=controlador_atuacaopadrao
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_naooperacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2
controlador=controlador_atuacaopadrao
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional 4
controlador=controlador_atuacaopadrao
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo espacoaereo=espacoaereo_operacional 4

controlador=controlador_atuacaopadrao
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva pista=pista_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 4
controlador=controlador_atuacaopadrao
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 5

controlador=controlador_atuacaopadrao
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2
tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo 4
tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_operacional 2

tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_naooperacional 2
tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
espacoaereo=espacoaereo_operacional 3

tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo 4
tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva pista=pista_operacional 4

tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
espacoaereo=espacoaereo_operacional 4
tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional 6

tipomissao=tipomissao_convencional

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional 2

tipomissao=tipomissao_convencional

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo espacoaereo=espacoaereo_operacional 7

tipomissao=tipomissao_convencional

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional pista=pista_operacional

espacoaereo=espacoaereo_operacional 5

tipomissao=tipomissao_convencional

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional pista=pista_naooperacional

espacoaereo=espacoaereo_operacional 2

tipomissao=tipomissao_convencional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional 2

tipomissao=tipomissao_convencional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional 2

tipomissao=tipomissao_convencional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo espacoaereo=espacoaereo_operacional 3

tipomissao=tipomissao_convencional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_naooperacional

espacoaereo=espacoaereo_operacional 2

tipomissao=tipomissao_convencional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional 4

tipomissao=tipomissao_convencional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo espacoaereo=espacoaereo_operacional 4

tipomissao=tipomissao_convencional

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva pista=pista_operacional

espacoaereo=espacoaereo_operacional 4

tipomissao=tipomissao_convencional gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo

pista=pista_operacional espacoaereo=espacoaereo_operacional 5

tipomissao=tipomissao_convencional
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional 3
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional 2
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo espacoaereo=espacoaereo_operacional 4
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_naooperacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional 4
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo espacoaereo=espacoaereo_operacional 4
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva pista=pista_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 4
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 6
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 4

Size of set of large *itemssets* L(5): 44

Large *Itemssets* L(5):

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo 3

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_naooperacional 2

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo 4

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva pista=pista_operacional 4

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
espacoaereo=espacoaereo_operacional 4

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional 5

**controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional**

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional 2

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo espacoaereo=espacoaereo_operacional 6

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional pista=pista_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 4

**controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional pista=pista_naooperacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2**

**controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel**

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional 2

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo espacoaereo=espacoaereo_operacional 2

**controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_naooperacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2**

**controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva**

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional 4

**controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva**

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo espacoaereo=espacoaereo_operacional 4

**controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva pista=pista_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 4**

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional

espacoaereo=espacoaereo_operacional 4

**controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional**

espacoaereo=espacoaereo_operacional 2

controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional 2

controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional 2

controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo espacoaereo=espacoaereo_operacional 3

controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_naooperacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2

controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional 4

controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo espacoaereo=espacoaereo_operacional 4

controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva pista=pista_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 4

controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 5

controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2

controlador=controlador_atuacaopadrao
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2

controlador=controlador_atuacaopadrao
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 4

tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional 2

tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional 2

tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo espacoaereo=espacoaereo_operacional 3

tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_naooperacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2

tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional 4

tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo espacoaereo=espacoaereo_operacional 4

tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva pista=pista_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 4

tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 5

tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2

tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2

tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 4

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 4

Size of set of large *itemsets* L(6): 14

Large *Itemsets* L(6):

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional 2

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo espacoaereo=espacoaereo_operacional 2

**controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel pista=pista_naooperacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2**

**controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional 4**

**controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo espacoaereo=espacoaereo_operacional 4**

**controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva pista=pista_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 4**

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 4

**controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2**

**controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2**

**controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 4**

controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2

controlador=controlador_atuacaopadrao
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 4

tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2

tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 4

Size of set of large *items* $L(7)$: 2

Large *Items* $L(7)$:

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 2

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional
equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional
condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva
gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_operacional
espacoaereo=espacoaereo_operacional 4

INSTANTE t=2

==== Run information ====

Scheme: weka.associations.Apriori -I -N 10000 -T 0 -C 0.9 -D 0.05 -U 1.0 -M 0.25 -

S -1.0 -c -1

Instances: 20744

Attributes: 7

controlador

tipomissao

equipamentoaerodromo

condicaometeorologica

gerenciamentofluxo

pista

espacoaereo

==== Associator model (full training set) ====

Apriori

=====

Minimum support: 0.25 (5186 instances)

Minimum metric <confidence>: 0.9

Number of cycles performed: 15

Generated sets of large *itemsets*:

Size of set of large *itemsets* L(1): 16

Large *Itemsets* L(1):

controlador=controlador_atuacaopadrao 10384

controlador=controlador_atuacaointerrompida 10360

tipomissao=tipomissao_convencional 10455

tipomissao=tipomissao_prioritaria 10289

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional 6872

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_naooperacional 6946

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_parcialmenteoperacional 6926

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 6935

condicaometeorologica=condicaometeorologica_desfavoravel 6912

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 6897

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo 10301

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_ativo 10443

pista=pista_operacional 10370

pista=pista_naooperacional 10374

espacoaereo=espacoaereo_operacional 10372

espacoaereo=espacoaereo_naooperacional 10372

Size of set of large *itemsets* L(2): 20

Large *Itemsets* L(2):

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional 5223

controlador=controlador_atuacaopadrao

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo 5203

controlador=controlador_atuacaopadrao pista=pista_operacional 5215

controlador=controlador_atuacaopadrao espacoaereo=espacoaereo_operacional 5275

controlador=controlador_atuacaointerrompida

tipomissao=tipomissao_convencional 5232

controlador=controlador_atuacaointerrompida

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_ativo 5262

controlador=controlador_atuacaointerrompida pista=pista_naooperacional 5205

controlador=controlador_atuacaointerrompida

espacoaereo=espacoaereo_naooperacional 5263

tipomissao=tipomissao_convencional gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo
5197

tipomissao=tipomissao_convencional

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_ativo 5258

tipomissao=tipomissao_convencional pista=pista_operacional 5222

tipomissao=tipomissao_convencional pista=pista_naooperacional 5233

**tipomissao=tipomissao_convencional espacoaereo=espacoaereo_naooperacional
5295**

tipomissao=tipomissao_prioritaria espacoaereo=espacoaereo_operacional 5212

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo pista=pista_naooperacional 5219

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_ativo pista=pista_operacional 5288

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_ativo

espacoaereo=espacoaereo_operacional 5220

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_ativo

espacoaereo=espacoaereo_naooperacional 5223

pista=pista_operacional espacoaereo=espacoaereo_naooperacional 5191

pista=pista_naooperacional espacoaereo=espacoaereo_operacional 5193

INSTANTE t=3

==== Run information ====

Scheme: weka.associations.Apriori -I -N 10000 -T 0 -C 0.9 -D 0.05 -U 1.0 -M 0.25 -

S -1.0 -c -1

Instances: 41501

Attributes: 7

controlador

tipomissao

equipamentoaerodromo

condicaometeorologica

gerenciamentofluxo

pista

espacoaereo

==== Associator model (full training set) ====

Apriori

=====

Minimum support: 0.25 (10375 instances)

Minimum metric <confidence>: 0.9

Number of cycles performed: 15

Generated sets of large *itemsets*:

Size of set of large *itemsets* L(1): 16

Large *Itemsets* L(1):

controlador=controlador_atuacaopadrao 20759

controlador=controlador_atuacaointerrompida 20742

tipomissao=tipomissao_convencional 20875

tipomissao=tipomissao_prioritaria 20626

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_operacional 13738

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_naooperacional 13777

equipamentoaerodromo=equipamentoaerodromo_parcialmenteoperacional 13986

condicaometeorologica=condicaometeorologica_favoravel 13884

condicaometeorologica=condicaometeorologica_desfavoravel 13793

condicaometeorologica=condicaometeorologica_impeditiva 13824

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_inativo 20569

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_ativo 20932

pista=pista_operacional 20712

pista=pista_naooperacional 20789

espacoaereo=espacoaereo_operacional 20758

espacoaereo=espacoaereo_naooperacional 20743

Size of set of large *itemsets* L(2): 21

Large *Itemsets* L(2):

controlador=controlador_atuacaopadrao tipomissao=tipomissao_convencional 10481

controlador=controlador_atuacaopadrao

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_ativo 10408

controlador=controlador_atuacaopadrao pista=pista_naooperacional 10404

controlador=controlador_atuacaopadrao espacoaereo=espacoaereo_operacional 10457

controlador=controlador_atuacaointerrompida

tipomissao=tipomissao_convencional 10394

controlador=controlador_atuacaointerrompida

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_ativo 10524

controlador=controlador_atuacaointerrompida pista=pista_naooperacional 10385

controlador=controlador_atuacaointerrompida

espacoaereo=espacoaereo_naooperacional 10441

tipomissao=tipomissao_convencional

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_ativo 10546

tipomissao=tipomissao_convencional pista=pista_operacional 10466

tipomissao=tipomissao_convencional pista=pista_naooperacional 10409

tipomissao=tipomissao_convencional espacoaereo=espacoaereo_naooperacional

10590

tipomissao=tipomissao_prioritaria gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_ativo

10386

tipomissao=tipomissao_prioritaria pista=pista_naooperacional 10380

tipomissao=tipomissao_prioritaria espacoaereo=espacoaereo_operacional 10473

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_ativo pista=pista_operacional 10484

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_ativo pista=pista_naooperacional 10448

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_ativo

espacoaereo=espacoaereo_operacional 10397

gerenciamentofluxo=gerenciamentofluxo_ativo

espacoaereo=espacoaereo_naooperacional 10535

pista=pista_naooperacional espacoaereo=espacoaereo_operacional 10392

pista=pista_naooperacional espacoaereo=espacoaereo_naooperacional 10397