

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO – UNINOVE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**JOSÉ LUIZ RODRIGUES JUNIOR**

**ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO DE CENÁRIOS ALTERNATIVOS PARA  
O SEQUENCIAMENTO DE TAREFAS EM COMPUTADORES EM *DATACENTER***

**São Paulo**  
**2015**

**JOSÉ LUIZ RODRIGUES JUNIOR**

**ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO DE CENÁRIOS ALTERNATIVOS PARA  
O SEQUENCIAMENTO DE TAREFAS EM COMPUTADORES EM *DATACENTER***

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Prof. Fabio Henrique Pereira, Dr. – Orientador.

**São Paulo**

**2015**

Rodrigues Jr, José Luiz.

Análise de decisão multicritério de cenários alternativos para o sequenciamento de tarefas em computadores em datacenter./ José Luiz Rodrigues Jr.2015.

100 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2015.

Orientador (a): Prof. Dr. Fabio Henrique Pereira.

1. Simulação. 2. Modelagem. 3. Análise de decisão multicritério. 4. Cenários. 5. Sequenciamento de tarefas.

I. Pereira, Fabio Henrique.

II. Titulo

CDU 658.5

**PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO**

**DE**

JOSÉ LUIZ RODRIGUES JUNIOR

Título da Dissertação: ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO DE CENÁRIOS ALTERNATIVOS PARA O SEQUENCIAMENTO DE TAREFAS EM COMPUTADORES EM *DATA*CENTER.

A COMISSÃO EXAMINADORA, COMPOSTA PELOS PROFESSORES ABAIXO, CONSIDERA O CANDIDATO JOSÉ LUIZ RODRIGUES JUNIOR Aprovado.

São Paulo, 17 de junho de 2015.

Presidente: PROF. DR. FABIO HENRIQUE PEREIRA

Membro: PROF. DR. ANTONIO CESAR GALHARDI

Membro: PROF. DR. RENATO JOSÉ SASSI

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho:

A Deus, pois sem o seu amor incondicional, nada teria conseguido.

Aos meus pais que, embora humildes sempre me ensinaram o caminho da retidão e da integridade moral;

À minha esposa Margarete, por estar sempre ao meu lado, me apoiando e por sua compreensão nos momentos difíceis que passei durante este novo ciclo de aprendizado;

Aos meus filhos Thiago, Lays, Gustavo e Letícia que, embora já adultos, sempre foram a razão dos meus esforços, e para os quais procuro sempre, servir de exemplo;

Aos professores, por transmitir seus conhecimentos e por me auxiliar a trilhar o caminho para o sucesso;

A todos aqueles que, de forma direta ou indireta, tenham seus conhecimentos expandidos por este trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, meu Senhor e Pai, pelo dom da vida e por me proporcionar a oportunidade de aprender e de, também, transmitir conhecimentos;

Aos professores do Mestrado em Engenharia de Produção da Uninove que, com infinita paciência e competência, transmitiram seus conhecimentos;

Ao professor Dr. Fabio Henrique Pereira, por me orientar de forma clara, precisa e competente na condução deste trabalho e ao professor Dr. Renato José Sassi, por sua contribuição e disponibilidade para a melhoria deste trabalho em vários aspectos;

À professora Marisa Carla Voigt Gava e à sua família, que na disciplina que foi mais difícil para o meu entendimento, se dispôs a me auxiliar, abrindo as portas de sua residência;

À Uninove e ao professor Marcos Alberto Bussab, diretor dos cursos da área de Informática que, além do seu incentivo, permitiu o meu ingresso neste curso através da bolsa de estudos;

Aos colegas do curso de Mestrado em Engenharia de Produção, pelo conhecimento trocado, compartilhado e pela oportunidade de conhecer pessoas especiais;

À Mel, Cristal e Mia, anjinhos que vieram ao mundo na forma felina e foram companhia constante enquanto escrevia este trabalho amenizando os momentos difíceis;

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para que eu conquistasse mais esse objetivo.

“Todo aquele que se dedica ao estudo da ciência chega a convencer-se de que nas leis do Universo se manifesta um Espírito sumamente superior ao do homem, e perante o qual nós, com os nossos poderes limitados, devemos humilhar-nos.”

Albert Einstein

RODRIGUES JR, José Luiz. **ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO DE CENÁRIOS ALTERNATIVOS PARA O SEQUENCIAMENTO DE TAREFAS EM COMPUTADORES EM *DATACENTER***. 2015. 100 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo.

## RESUMO

Nos atuais *Datacenters*, as rotinas de processamento são programadas para executar em determinado período de tempo e, em caso de atraso, impossibilitar a condução das atividades do dia a dia dos diversos setores da empresa. Mesmo com os modernos servidores, devido ao grande volume de dados para serem processados, é possível que determinados computadores sejam sobrecarregados provocando uma queda em seu desempenho, um tempo maior para a execução e, conseqüentemente, atrasos na entrega dos resultados. Nesse caso, cenários alternativos podem ser criados para sequenciar novamente as tarefas. Assim, este trabalho teve por objetivo aplicar o método de análise de decisão multicritério nos resultados da simulação de cenários alternativos para o sequenciamento de tarefas em computadores de um *Datacenter*, visando a resolução para problemas de sobrecarga. Para atingir esse propósito, foram desenvolvidos modelos de simulação de cenários de sequenciamento de tarefas e substituição do computador com sobrecarga. A análise dos resultados da simulação foi realizada considerando três critérios, a saber: o Tempo Total de Processamento (*makespan*), o Tempo Total de Atraso, e o Número de Tarefas Atrasadas. Posteriormente, os resultados foram submetidos ao método de análise de decisão multicritério AHP (*Analitycal Hierarchy Process*), permitindo escolher o melhor cenário segundo os critérios estabelecidos. Concluiu-se que a modelagem e simulação computacional, aliada ao método de análise de decisão multicritério, pode auxiliar na tomada de decisão, uma vez que possibilita identificar a melhor solução de sequenciamento em cenários alternativos possíveis diante de situações de sobrecarga de um computador.

**Palavras-chave:** Simulação, Modelagem, Análise de decisão multicritério, Cenários, Sequenciamento de tarefas.



RODRIGUES JR, José Luiz. **ANALYSIS MULTICRITERIA DECISION OF ALTERNATIVE SCENARIOS FOR THE TASK SEQUENCING ON COMPUTERS IN DATACENTER.** 2015. 100 p. Dissertation (Master in Production Engineering). Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo.

### **ABSTRACT**

In current data centers, processing routines are scheduled to perform in a given period of time and, in case of delay, make it impossible to conduct the activities of everyday life of the various sectors of the company. Even with modern servers, due to the large volume of data to be processed, it is possible that certain computers are overloaded causing a drop in performance, a longer time to implement and consequently delays in the delivery of results. In this case, alternative scenarios can be created to sequence the tasks again. This work aimed to apply the multi-criteria decision analysis method on the results of the simulation of alternative scenarios for sequencing tasks on computers in a datacenter, in order to overload the resolution of problems. To achieve this purpose have been developed simulation models of task sequencing scenarios and replacement of computer overloaded. The analysis of simulation results was made based on three criteria, namely the Total Processing Time (makespan), the Total delay time, and the number of Delayed Tasks. Subsequently, the results were submitted to analysis method of AHP multicriteria decision (Analytical Hierarchy Process), allowing you to choose the best setting according to established criteria. It was concluded that the modeling and computer simulation, combined with multi-criteria decision analysis method, can aid in decision making, as it enables sequencing to identify the best solution possible alternative scenarios in front of a computer overload situations.

Keywords: Simulation, Modeling, Multi-criteria decision analysis, Scenarios, Task sequencing.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.1 PROBLEMA DA PESQUISA .....	18
1.2 OBJETIVOS .....	19
1.2.1 OBJETIVO GERAL .....	19
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
1.3 JUSTIFICATIVA E CONTRIBUIÇÃO.....	19
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	20
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>22</b>
2.1 SEQUENCIAMENTO DE TAREFAS .....	22
2.2 CENÁRIOS E PROCESSOS.....	25
2.3 MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE PROCESSOS .....	28
2.4 DECISÃO E PROCESSO DECISÓRIO.....	29
2.4.1 MODELO SIMON (MODELO DA RACIONALIDADE LIMITADA) .....	32
2.4.2 MÉTODO <i>MACBETH</i> .....	33
2.4.3 MÉTODO <i>PROMETHEÉ</i> .....	35
2.4.4 MODELO <i>ELECTRE</i> .....	35
2.4.5 MÉTODO AHP (MÉTODO DA ANÁLISE HIERÁRQUICA) .....	36
2.4.5.1 ATRIBUTOS DIRETOS E INDIRETOS.....	42
2.5 ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO.....	43
2.5.1 COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO .....	44
2.6 ANAMNESE .....	46
2.7 TRABALHOS RELACIONADOS .....	46
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS E PROCEDIMENTOS .....</b>	<b>55</b>
3.1 MÉTODOS DE PESQUISA .....	55
3.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	57
3.3 O QUE É UM <i>DATACENTER</i> ? .....	58

3.4	O MODELO DE SIMULAÇÃO ADOTADO .....	58
3.5	O MODELO DE SIMULAÇÃO PROPOSTO NESTE TRABALHO .....	63
3.5.1	MODIFICAÇÕES NO MÓDULO <b>CREATE</b> .....	63
3.5.2	MODIFICAÇÕES NO MÓDULO <b>EXPRESSION</b> .....	65
3.5.3	MODIFICAÇÕES NO MÓDULO <b>SEQUENCE</b> .....	66
3.5.4	MODIFICAÇÕES NO MÓDULO <b>QUEUE</b> .....	67
3.6	DEFINIÇÃO DOS CENÁRIOS .....	67
3.7	EXECUÇÃO DAS SIMULAÇÕES .....	73
3.8	APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP .....	75
3.8.1	ESCOLHA DOS CRITÉRIOS .....	75
3.8.2	MATRIZ RECÍPROCA .....	76
4.	<b>RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES</b> .....	<b>77</b>
4.1	ESCOLHA DO MELHOR CENÁRIO (MÉTODO DE ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO) .....	78
5.	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>85</b>
5.1	SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DA PESQUISA .....	87
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>88</b>

## **SIGLAS, TERMOS E ABREVIATURAS**

<b>AHP</b>	Analytical Hierarchy Process – Processo Analítico Hierárquico.
<b>FIFO</b>	First In, First Out – Primeiro que entra, primeiro que sai.
<b>FLOPS</b>	FLoating point OPerations per Second – Operações de ponto flutuante por segundo.
<b>JCL</b>	Job Control Language (Linguagem de Controle de Serviço).
<b>LIFO</b>	Last In, First Out – Último que entra, primeiro que sai.
<b>LPT</b>	Longest Processing Time – Maior tempo de processamento.
<b>SPT</b>	Shortest Processing Time – Menor tempo de processamento.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Cenários possíveis derivados de uma situação atual. ....	27
Figura 2-Classificação dos processos em referência à modelagem. ....	29
Figura 3-Atividades do modelo Macbeth. ....	34
Figura 4-Hierarquia no método AHP. ....	36
Figura 5-Matriz quadrada para comparação de alternativas no método AHP. ....	38
Figura 6-Fluxo de decisão para os métodos AHP, ELECTRE e PROMETHEE. ....	45
Figura 7-Sequência de atividades do trabalho. ....	56
Figura 8-Modelo que representa o modelo adotado. ....	60
Figura 9-Definição das rotas no modelo de simulação. ....	61
Figura 10-Módulo <b>Create</b> no modelo original. ....	62
Figura 11-Valores e variáveis atribuídos a cada tarefa. ....	63
Figura 12-Módulo <b>Create</b> modificado em relação ao projeto original. ....	64
Figura 13-Módulo <b>Expression</b> modificado em relação ao projeto original. ....	65
Figura 14-Módulo <b>Sequence</b> modificado para atender às mudanças de cenários. ..	66
Figura 15-Módulo <b>Queue</b> modificado para atender às mudanças de cenários. ....	67
Figura 16-Relatório emitido pelo <i>software</i> Arena. ....	74
Figura 17-Modelo hierárquico aplicado ao método AHP. ....	75
Figura 18-Matriz recíproca do método AHP. ....	76
Figura 19-Matriz recíproca criada para os experimentos. ....	79

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1-Escala numérica de Saaty.....	38
Quadro 2-Fluxograma de procedimentos do método AHP .....	39
Quadro 3-Tipos e exemplos práticos de problemas de decisão multicritério .....	43
Quadro 4-Materiais pesquisados e o enfoque de cada trabalho .....	49
Quadro 5-Sequência de tarefas, rota e tempo de produção .....	59
Quadro 6-Computadores e sua destinação de uso .....	68
Quadro 7-Cenário básico de execução .....	69
Quadro 8-Cenários alternativos contemplando sobrecarga de computadores.....	70
Quadro 9-Substituições possíveis dos computadores.....	71
Quadro 10-Cenários alternativos propostos.....	72
Quadro 11-Valores obtidos das simulações com as respectivas médias por critério	77
Quadro 12-Valores dos vetores e razão de consistência do modelo .....	80
Quadro 13-Harmonização e normalização dos valores das médias das simulações	80
Quadro 14-Matriz de decisão .....	81

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1-Tabela de índices de consistências randômicos. ....	42
--	----

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1-Análise de sensibilidade do critério <i>Makespan</i> . .....	82
Gráfico 2-Análise de sensibilidade do critério Tempo total de atraso. ....	83
Gráfico 3-Análise de sensibilidade do critério Número de tarefas atrasadas. ....	84



## INTRODUÇÃO

Os antigos CPDs (Centros de Processamento de Dados), atualmente chamados de *Datacenters*, têm como objetivo principal prover as organizações do processamento dos dados produzidos em suas rotinas de trabalho diárias.

O trabalho executado em *Datacenters* envolve tarefas, tais como, atualizar dados de estoque, contabilizar ativos, registrar vendas, manter cadastros de clientes e produtos, calcular custos, entre outras tantas que poderiam ser citadas. Essas tarefas devem, obrigatoriamente, culminar com o processamento adequado dos dados gerados, transformando-os em novos dados ou em informações úteis que possam ser aplicadas para os mais diversos fins.

Situações que envolvem a diminuição do desempenho nos computadores ocasionadas, muitas vezes, por sobrecarga na execução dos processos em um determinado computador, são uma constante preocupação, pois, em decorrência dessa queda na velocidade de execução, existe a possibilidade de que as tarefas agendadas não sejam cumpridas e os dados e informações não estejam disponíveis em tempo hábil.

Rotinas de processamento, que são as tarefas de atualização e manutenção dos dados que um computador deve executar e que, normalmente estão previamente agendadas, também podem ser enviadas para a execução de tarefas emergenciais. Essas rotinas de processamento que se encontram fora do planejamento são situações corriqueiras, e que podem ser necessárias quando há, por exemplo, uma alteração nas regras de negócio, alterações provocadas por movimentos no mercado financeiro ou no ramo de atuação da empresa, gerando mudanças nos processos internos da organização.

Evidentemente, não há como prever quais mudanças podem ocorrer no ambiente externo, ou quais regras de negócio que influenciarão no ambiente interno serão modificadas, mas, podem ser previstas, modeladas e simuladas contingências que tenham por objetivo manter o desempenho uniforme dos processos,

redirecionando as tarefas de um computador para outro em casos onde um computador esteja sendo mais exigido do que outro.

*Datacenters* em geral, possuem diversos computadores que são divididos de acordo com a sua configuração (conjunto de elementos de *software* e *hardware*) que ficam predispostos a executar as rotinas de processamento de determinadas áreas da organização. Dessa forma, existem, por exemplo, computadores cuja configuração está predisposta a aceitar as rotinas de processamento da área de Recursos humanos, outros, com uma configuração para aceitar as rotinas de Contabilidade, etc. Logo, o sequenciamento das tarefas nesses computadores deve ser determinado respeitando essas configurações.

Em *Datacenters*, como os existentes em bancos ou em empresas de grande porte de outros setores, os sistemas de computadores contam com *softwares*, fornecidos pelos próprios fabricantes, que permitem o balanceamento de linhas de comunicação, de bancos de dados, de Unidade Central de Processamento (*CPU*, do inglês *Central Processing Unit*) e até mesmo, de um conjunto de processadores que formam um computador, equilibrando e otimizando o desempenho dos processadores em relação ao consumo de energia, temperatura, variação na velocidade de processamento e utilização de memória. Contudo, esse balanceamento é uma situação que depende da quantidade de tarefas que cada computador recebe. Dessa forma, um computador que está alocado para a área de Recursos Humanos, por exemplo, pode estar com uma carga muito maior do que um computador que esteja alocado para a área de Contabilidade. A divisão das tarefas torna-se, então, importante para que a sobrecarga seja eliminada.

Essa divisão de tarefas e a sua sequência de execução é um problema típico de sequenciamento de tarefas. No contexto da área de Tecnologia da Informação (TI), as atividades executadas pelos computadores assumem a figura de diversas tarefas, sendo executadas em diversos computadores, com horários de início e término pré-definidos. Como em quaisquer outros processos, uma sequência das tarefas é escolhida como sendo a ideal para ser executada rotineiramente, ou seja, é determinada uma sequência de execução que, em teoria, é a que melhor se adapta às condições impostas pelo tipo de equipamento, tempo disponível, qualidade e

quantidade dos recursos, necessidade e eficiência. Essa escolha determina o cenário de execução que, neste trabalho se optou por chamar de Cenário Básico. Contudo, nem sempre é possível executar esse cenário devido a inúmeros problemas que podem ocorrer. A sobrecarga de um computador, por exemplo, é uma dessas situações. Nesses casos, é importante que existam opções para que os processos possam ser executados de forma alternativa. Essas opções foram chamadas, neste trabalho, de cenários alternativos.

Entretanto, é muito difícil que todos os cenários alternativos possíveis sejam observados e avaliados na prática. Dessa forma, a modelagem e simulação computacional dos processos pode ser empregada para permitir o estudo de cada cenário.

Diante desse quadro, a identificação de possíveis cenários que contemplem a queda no desempenho em um determinado computador, e determinar a solução adequada, quando isso ocorrer, permitirá o perfeito funcionamento da área de produção da Tecnologia da Informação (TI).

Como a escolha do cenário alternativo ideal pode envolver diversos critérios e, como a percepção humana não consegue fazer uma seleção adequada diante de uma grande quantidade de opções, é necessário que a decisão seja tomada por meios que não dependam somente da experiência dos decisores. Neste caso, a utilização de um método de análise de decisão multicritério pode ser necessária.

## 1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

Um método de análise de decisão multicritério combinado com a modelagem e simulação computacional de cenários alternativos pode identificar a melhor solução de sequenciamento de tarefas, para resolver problemas de sobrecarga em computadores de *Datacenters*?

## 1.2 OBJETIVOS

Para melhor compreensão, os objetivos foram divididos em objetivo geral e objetivos específicos.

### 1.2.1 OBJETIVO GERAL

Aplicar o método de análise de decisão multicritério nos resultados da simulação de cenários alternativos para o sequenciamento de tarefas em computadores de um *Datacenter*, visando a resolução para problemas de sobrecarga.

### 1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir um modelo de simulação, que represente a situação atual com as características e restrições de *Datacenters*;
- Criar cenários alternativos prevendo possíveis situações de sobrecarga nos computadores;
- Analisar, com a utilização de um método de decisão multicritério, os dados obtidos nas simulações;
- Determinar o melhor cenário alternativo para o sequenciamento das tarefas nos computadores.

## 1.3 JUSTIFICATIVA E CONTRIBUIÇÃO

A utilização de computadores é uma constante na vida das pessoas. Seja para diversão, para auxiliar nas tarefas do dia-a-dia ou para realizar atividades profissionais, os computadores estão presentes em, praticamente, todas as áreas do nosso cotidiano. No caso de computadores que atuam em grandes empresas, como por exemplo, os bancos, a frequência de tarefas solicitadas é muito elevada e, em muitos casos, requer atenção no que se refere à necessidade de equilibrar a demanda para que diversos computadores possam realiza-las sem que uma carga excessiva

de tarefas recaia somente sobre um computador. Trata-se de um problema de sequenciamento das tarefas e de sua distribuição equânime. Diante desses elementos, justifica-se o tema deste trabalho que tem por objetivo o sequenciamento de tarefas em um *Datacenter*, utilizando a modelagem e simulação computacional aliada a um método de análise de decisão multicritério para balancear a carga de processos nos computadores.

Existem vários fatores que podem interferir na eficácia do sequenciamento como, por exemplo, sobrecarga de computadores, e variações aleatórias no processo de chegada e nos tempos de processamento das tarefas. Por outro lado, a eficácia do sequenciamento pode ser definida, e avaliada, sob diferentes critérios, objetivos e subjetivos, como, por exemplo, os atrasos na conclusão das tarefas. Consequentemente, a decisão sobre o melhor sequenciamento pode demandar uma análise multicritérios.

A proposta de utilização de um método de análise de decisão multicritério em conjunto com a abordagem de modelagem e simulação computacional de cenários alternativos de sequenciamento de tarefas, no contexto de um *Datacenter*, não foi encontrada na literatura contemporânea e representa a principal contribuição deste trabalho.

## 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em cinco capítulos, como segue:

- Capítulo 1: aborda a introdução, problema da pesquisa, objetivos (geral e específicos), contribuição da dissertação e estrutura do trabalho;
- Capítulo 2: aborda a fundamentação teórica, na qual são definidos os conceitos utilizados ao longo do texto, como sequenciamento de tarefas, modelagem e simulação computacional, processo decisório, análise de decisão multicritério e trabalhos relacionados ao tema da dissertação.
- Capítulo 3: aborda os materiais, métodos e procedimentos utilizados neste trabalho. Este capítulo mostra o modelo original de simulação, o

modelo proposto, bem como as modificações realizadas para adequá-lo aos objetivos a serem alcançados, os cenários alternativos e a aplicação do método AHP.

- Capítulo 4: neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados das simulações realizadas nos cenários propostos.
- Capítulo 5: são apresentadas as conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão introduzidos alguns termos utilizados ao longo do texto para auxiliar no entendimento deste trabalho. São apresentadas, inicialmente, algumas definições preliminares necessárias à compreensão dos conceitos mais elaborados introduzidos na sequência.

### 2.1 SEQUENCIAMENTO DE TAREFAS

Segundo Blaha e Rumbaugh (2005), um evento é uma ocorrência em determinado momento no tempo e, a resposta a um evento acontece instantaneamente em relação à escala de tempo de uma aplicação. Eventos incluem condições de erros e também ocorrências normais. Para Freitas Filho (2008, p. 40), “eventos são acontecimentos, ocorrências, programados ou não, os quais, quando ocorrem, provocam uma mudança de estado no sistema.”.

A área de informática se apropriou do termo para descrever uma situação que, ocorrendo no mundo externo ao sistema de informação, exige deste uma resposta. Em sistemas informatizados, por exemplo, um evento é descrito como sendo um acontecimento que deve responder a uma solicitação do usuário como, por exemplo, o saque em um caixa eletrônico, neste caso, o evento que dispara a ação de resposta do sistema é a inserção do cartão do banco na unidade de leitura. A partir desse momento, é necessário que o sistema execute os procedimentos necessários: solicitar a senha de acesso, solicitar o tipo de operação que o usuário deseja executar, etc.

Geralmente, o processamento de dados em larga escala, da ordem de *teraflops* (Um trilhão de operações por segundo) de informações, são executados em lotes (*Batch*) devido à rapidez com que esse tipo de processamento é realizado e por outros motivos de ordem operacional, como por exemplo, a necessidade de históricos das transações realizadas. O processamento e atualização online seriam rápidos, porém, muito onerosos do ponto de vista técnico, devido à falta de tempo hábil de resposta para os bilhões de transações realizadas simultaneamente por segundo. Outra razão para a utilização do processamento de dados em lote se refere à manutenção de

dados históricos, ou seja, à possibilidade de manter um registro das transações efetuadas.

Em processos *batch* em um *Datacenter* a submissão de uma rotina de processamento constitui um evento, que deve ser conduzido de acordo com um agendamento previamente estabelecido. A ocorrência de um evento tende a exigir que determinado número de recursos sejam disponibilizados e esses recursos devem estar previamente definidos e preparados para que o evento tenha a resposta adequada. Assim, a execução das tarefas necessárias para dar resposta ao evento depende de um correto sequenciamento.

Para Toso (2008), o sequenciamento de tarefas consiste em determinar em que ordem os lotes devem ser processados de forma que os tempos de preparação sejam minimizados, ou seja, otimizar as atividades de forma a tornar as tarefas mais objetivas, reduzindo o tempo do processo e da mão-de-obra, além de permitir o uso racional dos recursos disponíveis.

Ainda segundo Toso (2008), os processos de produção são, de forma geral, classificados de acordo com as tarefas e o fluxo de operações em cada estação de trabalho. Seja em um conjunto de máquinas ou em postos de trabalho que devem realizar determinado serviço, geralmente, a programação das tarefas segue um dos fluxos abaixo:

**Job Shop:** Cada tarefa tem sua própria sequência de processamento no conjunto de máquinas ou postos de serviço;

**Flow Shop:** Todas as tarefas têm a mesma sequência de processamento no conjunto de máquinas ou postos de serviço;

**Open Shop:** Não há uma sequência específica ou preestabelecida para o processamento das tarefas;

**Flow Shop flexível:** As operações são realizadas por agrupamento de máquinas idênticas em paralelo. Uma tarefa é processada em uma máquina de cada um dos agrupamentos, mas todas as máquinas de um agrupamento poderiam processá-la.



De acordo com Piñedo (2009), o processo de programação tem início após a análise de diversos fatores que podem influenciar sobre o método a ser utilizado. Dentre os fatores que podem contribuir para a escolha do modelo pode-se citar: Capacidade de produção, Nível de estoque, Volume de pedidos e tempo disponível para atender aos pedidos.

Para que o sequenciamento das tarefas seja efetuado de maneira correta e, principalmente, adequada à situação da empresa, determinadas regras devem ser obedecidas.

O sequenciamento de tarefas pode ser realizado seguindo regras previamente determinadas. Essas regras de sequenciamento têm a finalidade de estabelecer um critério sobre a prioridade de processamento, ou seja, estando uma tarefa de serviço numa fila, aguardando o seu processamento, deve-se estabelecer a prioridade dessa tarefa. As variáveis nas quais as regras são baseadas podem ser diversas, sendo, entretanto, as mais comuns, o tempo de processamento, a data da entrega e o custo do processamento.

De acordo com Chan e Chan (2004, *apud* Silva, 2011, p. 49) e de Suresh e Sridharan (2007, *apud* Silva, 2011, p. 49), as principais regras de sequenciamento podem ser definidas como:

- **FIFO** – (*First In, First Out*) A prioridade é dada a primeira peça que entra, deve ser a primeira a sair. Pode ser considerada como uma ordem de chegada na máquina, na fábrica. Esta regra procura minimizar o tempo de permanência na máquina ou na fábrica;
- **LIFO** – (*Last In, First Out*) A prioridade é dada pela última peça que entra deve ser a primeira a sair. Por ser adversa e negativa no que tange a confiabilidade e rapidez de entrega, e não ter uma sequência baseada em qualidade, flexibilidade ou custo esta regra é pouco, utilizada.
- **SPT** – (*Shortest Processing Time*) A prioridade é dada pelo menor tempo de processamento total. Sua utilização visa a redução de tempo de máquinas;

- **LPT** – (*Longest Processing Time*) A prioridade é dada pelo maior tempo de processamento total. Contrário da regra SPT. Sua utilização visa a redução de troca de máquinas;
- **EDD** – (*Earliest Due Data*) – A prioridade é dada pela execução das tarefas mais urgentes em termos de prazo de entrega. A finalidade é reduzir atrasos;
- **LS** – (*Least Slack*) A prioridade é dada pela menor folga entre a data de entrega e o tempo total de processamento entre as tarefas que estão à espera. Classificada por prazo de entrega e visa reduzir atrasos;
- **SIPT** – (*Shortest Imminent Processing Time*) A prioridade é dada pelo menor tempo de processamento individual. Semelhante a SPT;
- **LIPT** – (*Longest Imminent Processing Time*) A prioridade é dada pelo maior tempo de processamento individual. Semelhante à LPT.

Vale frisar, que o sequenciamento de tarefas é uma atividade dinâmica e pode sofrer alterações em função de diversos fatores como, por exemplo, a parada ou a sobrecarga de uma máquina. Esses fatores estão relacionados a ocorrência de eventos futuros que, muitas vezes, são incertos.

## 2.2 CENÁRIOS E PROCESSOS

Segundo Drucker (2002), o planejamento estratégico é o processo contínuo de, sistematicamente, com o maior conhecimento possível do futuro contido, tomar decisões que envolvam riscos. Assim, a área de planejamento estratégico das empresas necessita exercitar futuros alternativos prováveis. Muito além de ser uma tentativa de prever o futuro, trata-se de estimar as possíveis conjunturas econômicas e sociais que podem ocorrer no curto, médio e longo prazo.

Segundo Buarque (2003), empresas e também governos se utilizam da confecção de cenários frente à probabilidade de acontecimentos futuros benéficos ou não, para decidir sobre as estratégias pertinentes em cada evento. Embora não

eliminam categoricamente as incertezas, os cenários permitem visualizar os caminhos possíveis de acordo com a evolução da realidade (ARAYA et al., 2004).

Empresas especializadas consideram que a elaboração e o estudo de cenários trazem os seguintes benefícios (ARAYA et al., 2004):

- Identificam incertezas e antecipam oportunidades;
- Reduzem e melhoram a qualidade das decisões estratégicas;
- Permitem maior capacidade de antecipar oportunidades e ameaças;
- Aceleram a aprendizagem organizacional.

Para Cavalheiro e Fellows Filho (2011), cenários são histórias que descrevem futuros plausíveis e que são obtidos a partir de técnicas observando-se as certezas e incertezas sobre ambientes complexos.

Para Mietzner e Reger (2004) os cenários são uma técnica privilegiada para estudos futuros, fornecendo para os estrategistas a visão de vários futuros possíveis a partir de um conjunto de histórias construídas com o objetivo de expressar múltiplas perspectivas sobre eventos complexos.

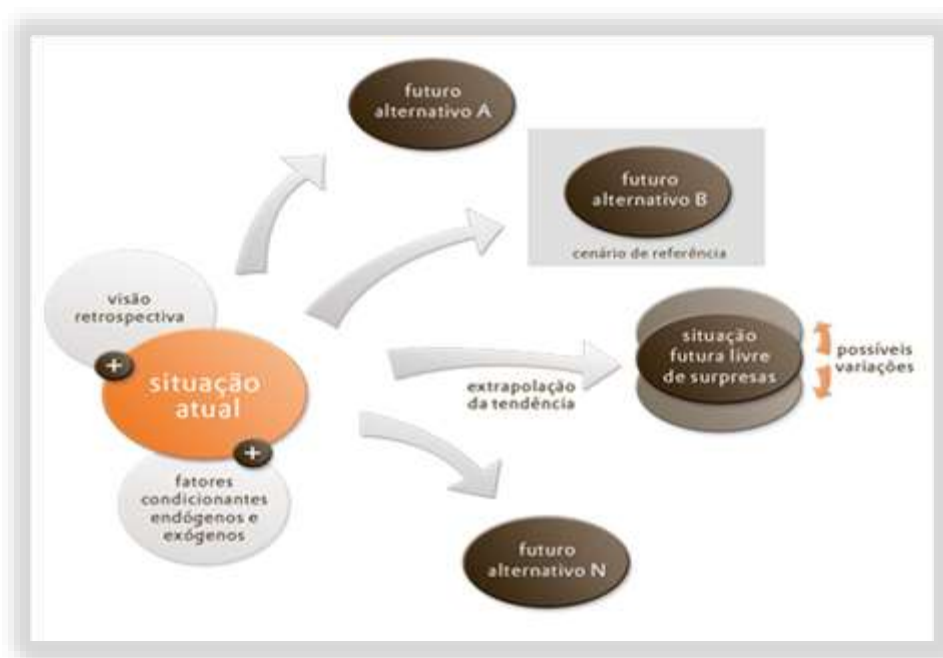
Para Schwartz (2000), cenário é uma ferramenta para ordenar as percepções de uma pessoa ou de uma organização sobre ambientes futuros alternativos.

Uma das formas que um cenário pode assumir é a de um teste, ou seja, a partir de eventos e dados pressupostos, pode-se verificar como a organização deve responder aos eventos que, em futuros possíveis, possam ocorrer. Além disso, pode-se também utilizar os cenários como um explorador para a melhoria dos processos existentes.

Seja qual a maneira de utilizar, os cenários são uma ferramenta poderosa para que a visão (perspectiva da empresa no longo prazo, onde pretende chegar dentro de alguns anos) e a missão (o que a empresa pratica atualmente, suas atividades) da empresa estejam alinhadas com eventos previsíveis que podem ser desencadeados, tanto no ambiente interno como no ambiente externo.

Os cenários são derivados de situações que podem ser oriundas das mais diversas fontes, como por exemplo, a alteração de regras de negócio da empresa, ou a mudança nas normas e leis que regem a área de negócio em que a empresa está inserida. Entretanto, qualquer que seja a origem, a situação causadora de alterações no cenário básico de um determinado processo deve considerar, além da situação atual, problemas, soluções e ocorrências anteriores, numa visão retrospectiva, e também, os fatores endógenos (internos) e exógenos (externos), permitindo a criação de cenários alternativos, conforme está exemplificado na Figura 1.

Figura 1-Cenários possíveis derivados de uma situação atual.



(Fonte: Macroplan, 2014)

De acordo com a Figura 1, podem ser observados inúmeros cenários, idealizados a partir de futuros previsíveis, que podem ser modelados e simulados, tornando assim, complexa a decisão sobre qual deles é a melhor opção.

Segundo a *Shell International* (2001, *apud* Galhardi, 2007, p. 22), “a função dos cenários não é acertar eventos futuros, mas considerar forças que podem direcionar o futuro por determinados caminhos”.

## 2.3 MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE PROCESSOS

Para Miranda (2010), a modelagem de processos é tratada como um dos itens de gerenciamento necessários para alcançar um nível maior de racionalização na empresa. As empresas modernas, cientes da importância de conhecer e controlar melhor os seus processos, tanto internos como externos, passaram a utilizar técnicas para gerenciar a forma como os processos são executados.

Em qualquer área empresarial o conhecimento e documentação sobre as atividades que a empresa desempenha se tornaram de suma importância para que o negócio seja bem-sucedido.

De acordo com Freitas Filho (2008), a modelagem de processos pressupõe que exista uma abstração em relação à realidade, acarretando uma simplificação sobre o funcionamento do sistema real. Os processos de negócio podem ser modelados a partir de um conjunto de atividades que têm por objetivo representar um processo de negócio existente.

Ainda, segundo Freitas Filho (2008), os modelos podem ser classificados como estáticos ou dinâmicos, determinísticos ou estocásticos e ainda, contínuos ou discretos. Modelos estáticos visam representar o estado de um sistema em um instante, ou que em suas formulações não considera a variável tempo. Os modelos dinâmicos são formulados para representar as alterações de estado do sistema ao longo de um tempo definido na simulação. Os modelos determinísticos são os que em suas formulações não fazem uso de variáveis aleatórias, já os modelos estocásticos podem empregar uma ou mais variáveis com essas características. Finalmente, os modelos contínuos são aqueles onde o avanço da contagem de tempo na simulação ocorre de forma contínua, o que possibilita determinar os valores das variáveis de estado a qualquer instante. Modelos discretos são aqueles em que a contagem de tempo na simulação ocorre de forma incremental cujos valores podem ser definidos em função da ocorrência dos eventos ou pela determinação de um valor fixo.

Com relação à simulação, segundo Chwif e Medina (2010), o modelo de simulação é utilizado para obter respostas a questões do tipo: “O que ocorre se...”,

como por exemplo: O que ocorre se a “Máquina 3” se sobrecarregar durante o processo do serviço “X”? Ou, o que ocorre se a “Maquina 2” tiver de ser utilizada para dividir as tarefas com a “Maquina 3”?

De acordo com Ehrlich (1982, p. 223) “simulação é um método empregado para estudar o desempenho de um sistema por meio de formulação de um modelo matemático, que possui características semelhantes ao sistema original”.

A segmentação e classificação dos processos com referência à modelagem, são mostradas na Figura 2.

Figura 2-Classificação dos processos em referência à modelagem.



(Fonte: Adaptação de Freitas Filho, 2008))

## 2.4 DECISÃO E PROCESSO DECISÓRIO

De acordo com o dicionário eletrônico Michaelis (2010), decisão é a ação ou o ato de decidir-se, resolução ou sentença após discussão ou exame prévio. Esta é uma atividade que todos os dias a maioria dos seres humanos têm que praticar. Tanto no aspecto pessoal, como no aspecto profissional, as decisões são constantes na vida

das pessoas. Com relação às empresas, as decisões formam a base estratégica para que as organizações consigam vantagens sobre seus concorrentes.

De uma forma diferente, mas com impactos igualmente significativos, as decisões nas organizações também são importantes para direcionar, obter vantagem competitiva e permitir a sua sobrevivência diante de cenários favoráveis ou adversos.

Embora com o decorrer do tempo a experiência leve a tomar decisões mais acertadas e com mais rapidez, os problemas que exigem a decisão por um determinado caminho, também tendem a se modificar.

Para Perdigão et al. (2012), as decisões devem ser tomadas sempre que um problema, ou mais, se apresentar em um cenário que está ocorrendo ou, em cenários previsíveis e possíveis de ocorrer.

Em ambientes corporativos, notadamente nas organizações onde as decisões têm que ser tomadas no menor período de tempo possível, a análise prévia de possíveis situações (Cenários) anormais para os padrões estabelecidos, pode significar uma grande economia de tempo, recursos e valores monetários.

Em se tratando de uma área da organização, como a área de Tecnologia da Informação, onde a sua incumbência é a de alcançar maior nível de excelência na precisão, disponibilidade e, principalmente, na realização das tarefas da forma mais rápida, não há como permitir que as decisões tenham um tempo maior do que aquele disponível para o processamento que deveria ser realizado.

Segundo Angeloni (2003, p. 19), “no processo de tomada de decisão, é importante ter disponíveis dados, informações e conhecimentos, mas esses normalmente estão dispersos, fragmentados e armazenados na mente dos indivíduos e sofrem interferência de seus modelos mentais...”. Assim, é necessário que o tomador de decisão tenha as informações dispostas de forma padronizada e baseadas em dados de sólida confiabilidade.

Para Oliveira (2011) a tomada de decisão é a conversão de informações recebidas analisadas e processadas, em ações efetivas. Para Gomes e Soares (2001), as decisões sempre envolvem riscos que podem variar em grau e intensidade.

De acordo com Forman e Selly (2002), a tomada de decisão é um processo (não um evento), que evolui com o tempo, e quase sempre envolve iteração.

Simon (1982 *apud* Oliveira, 2007), propõe que as decisões sejam classificadas em dois grupos: programadas (ou estruturadas) e, não programadas (ou não estruturadas). As decisões programadas têm a característica de ser previamente determinadas, ou seja, são tomadas com consciência anterior para a sua execução, onde foram pesados os benefícios que a sua adoção trará. São geralmente aplicadas, a problemas repetitivos; as decisões não programadas têm a característica de ocorrer, na maioria das vezes, em decorrência de um acontecimento não previsto, a um problema que não é familiar, que pode ser benéfico ou maléfico para a organização. Tanto as situações que podem trazer benefícios como aquelas que podem ser danosas, devem ter uma resposta adequada, ou seja, a decisão ou decisões tomadas devem ter a exata proporção para o que se deseja.

Geralmente, a última forma, as decisões não programadas, é aquela que ocorre com maior frequência, sendo a mais difícil de tratar. O processo decisório, independente da definição a que ele se empregue é complexo. A sua complexidade se baseia na origem, precisão, clareza, fidelidade e confiabilidade dos dados disponíveis. Para Stephen e Coulter (1996), uma decisão pode ser tomada sob uma das condições abaixo:

- **Certeza:** O conjunto de dados disponíveis permite avaliar que a decisão escolhida trará o resultado desejado. Aquele a quem cabe a decisão tem o conhecimento das consequências, dos resultados sobre a ação que resultará com a adoção da alternativa, ou alternativas, escolhidas;
- **Risco:** De acordo com os dados disponíveis, existe a probabilidade de que a decisão tomada obtenha o resultado desejado. Aquele a quem cabe a decisão tem o conhecimento de que cada uma das alternativas disponíveis envolve um determinado e inevitável risco. A decisão é tomada com base nas evidências da alternativa que oferece menor risco;
- **Incerteza:** Os dados recebidos, ou a inexistência desses dados, não permitem estimar a probabilidade de sucesso da decisão, se adotada.



Aquele a quem cabe decidir, não tem condições de afirmar que a alternativa, ou alternativas, adotada trará os resultados desejados.

Decisões são tomadas atualmente, visando não apenas os impactos regionais, mas também, no âmbito global. Dificilmente, uma empresa não é influenciada por fatores externos com alcance global.

De acordo com Perdigão et al. (2012), o processo decisório, diante das mudanças no mundo atual, mudou radicalmente e necessita de ferramentas baseadas em computadores para que a sua realização seja mais eficiente.

De acordo com Laudon e Laudon (2004), o processo decisório tende a se tornar mais complexo devido a dois fatores principais:

- 1) Aumento da complexidade interna da empresa (Processos, estrutura empresarial) e,
- 2) Aumento da complexidade externa (Meio ambiente, fornecedores, concorrentes, clientes), ou seja, do ambiente onde a empresa está inserida.

O processo decisório tornou-se ainda mais complexo, no ambiente externo à organização, devido à revolução promovida pela globalização. Por esse motivo, o processo decisório pode se utilizar de inúmeras ferramentas para facilitar a tomada de decisão. Diversos modelos foram desenvolvidos e são, até hoje, utilizados. Dentre os modelos e ferramentas disponíveis, alguns são explicados a seguir:

#### 2.4.1 Modelo Simon (Modelo da Racionalidade Limitada)

Herbert A. Simon foi um dos pioneiros em caracterizar os processos administrativos como processos de decisão. Para Simon (1960 *apud* Oliveira, 2007), o processo decisório é composto por três etapas:

- Relacionar todas as possíveis estratégias que podem ser adotadas;
- Determinar as consequências decorrentes ao se adotar uma estratégia;

- Avaliar os grupos de consequências na adoção de uma estratégia, considerando-se os valores pessoais e organizacionais.

Simon (1960 *apud* Oliveira, 2007) salienta ainda, que é impossível ter o conhecimento prévio de todas as alternativas ou de todas as consequências o que limita a certeza de que o caminho escolhido foi realmente o melhor.

No modelo de Simon (1979 *apud* Bin e Castor, 2007), as decisões estão limitadas ao “nível satisfatório”, ou seja, as decisões não são ótimas, pois elas são influenciadas pelas limitações dos seres humanos em ter acesso e processar todas as opções existentes. A impossibilidade de obter todas as informações, o tempo, conflitos e cultura das organizações, também contribuem para que as decisões não sejam perfeitas. Ainda segundo Simon (1960 *apud* Bin e Castor, 2007, p. 42), as decisões em uma organização devem ter, para os tomadores de decisão, um ambiente psicológico adequado, onde as premissas sejam aceitas como base para suas escolhas e, onde critérios devem ser definidos para que se limitem as suas escolhas.

#### 2.4.2 Método **Macbeth**

O método MACBETH – *Measuring Attractiveness by a Category Based Evaluation Technique* – (Medir a atratividade por uma técnica de avaliação baseada em categorias), é uma metodologia de apoio à tomada de decisão que permite avaliar opções considerando-se múltiplos critérios. É composto por três etapas e, inseridas nessas etapas, existem determinadas tarefas que devem ser realizadas (COSTA, ANGULO-MEZA e OLIVEIRA, 2013).

O método MACBETH distingue-se de outros métodos multicritérios por basear a ponderação dos critérios e a avaliação das opções em julgamentos qualitativos sobre diferenças de atratividade. Dadas duas opções quaisquer, como por exemplo, níveis de performance, desempenho ou impacto, com a primeira variável melhor do que a segunda, a diferença de atratividade entre elas pode ser mensurada em sete níveis.

A base teórica detalhada do método foi consolidada em Bana e Costa et al. (2005).

A Figura 3 mostra as etapas que compõem o método *Macbeth* e as tarefas que fazem parte de cada etapa.

Figura 3-Atividades do modelo Macbeth.



(Fonte: Bana e Costa, et al., 2005).

A Figura 3 mostra as atividades que compõem o modelo MACBETH dividindo-o em três etapas (Estruturação, Avaliação e Recomendações) com as atividades que pertencem a cada uma. Na etapa de Estruturação, são definidos os critérios de decisão e as alternativas possíveis. Na etapa de avaliação, é feita uma pontuação dos critérios e a ponderação, ou peso, de cada critério. Finalmente, na etapa de Recomendações, é realizada a análise dos resultados obtidos identificando a melhor alternativa e a análise de sensibilidade que indica qual o ponto de variação dos critérios para que haja mudança da alternativa escolhida.

A preferência do tomador de decisão é medida por meio da sua atratividade por determinada alternativa, sendo a mesma quantificada pelo uso de uma escala de diferenças de atratividade, sendo: Nula, Muito fraca, Fraca, Moderada, Forte, Muito forte, Extrema.

A partir das escolhas feitas pelo tomador de decisão, uma escala de pontuação em cada critério deve ser calculada, com base nos pesos relativos definidos para cada critério em particular. O somatório desses critérios é chamado de pontuação global. Essa pontuação global reflete o grau de atratividade que representa o conjunto de todos os critérios (COSTA, ANGULO-MEZA e OLIVEIRA, 2013).

#### 2.4.3 Método **Prometheé**

Segundo Almeida (2013), trata-se de um modelo criado na França e consiste em construir uma relação de classificação sobreposta de valores. Destaca-se, principalmente, pelo fato de envolver conceitos e parâmetros com fácil entendimento físico ou econômico para quem irá tomar a decisão. O tomador de decisão deve determinar um peso para cada critério, de acordo com a sua ordem de importância. O método *Prometheé* apresenta seis formas diferentes para que o tomador de decisão represente suas preferências, sempre utilizando pares para as comparações.

Segundo Almeida e Costa (2013), o método *Prometheé II* estabelece uma estrutura de preferência entre as alternativas existentes, tendo uma função de preferência entre as alternativas para cada critério. Essa função indica a intensidade da preferência de uma alternativa em relação à outra, com o valor variando entre 0 (indiferença) e 1 (preferência total).

#### 2.4.4 Modelo **Electre**

Segundo Infante et al. (2014), O modelo ELECTRE (*Elimination et Choix Traduisant la REalité* – Eliminação e Escolha como Expressão da Realidade), foi usado pela primeira vez por Bernard Roy na década de 1960 tendo como finalidade a resolução de um problema de escolha da melhor ação em meio a um conjunto de ações possíveis, considerando-se vários critérios que poderiam influenciar na escolha.

Para Andrade (2011), existem várias versões do método ELECTRE (I, II, III, IV, IS e TRI), entretanto, o princípio é o mesmo. O que difere entre uma versão e outra é

a aplicação das fórmulas matemáticas, permitindo que cada versão possua um resultado diferente.

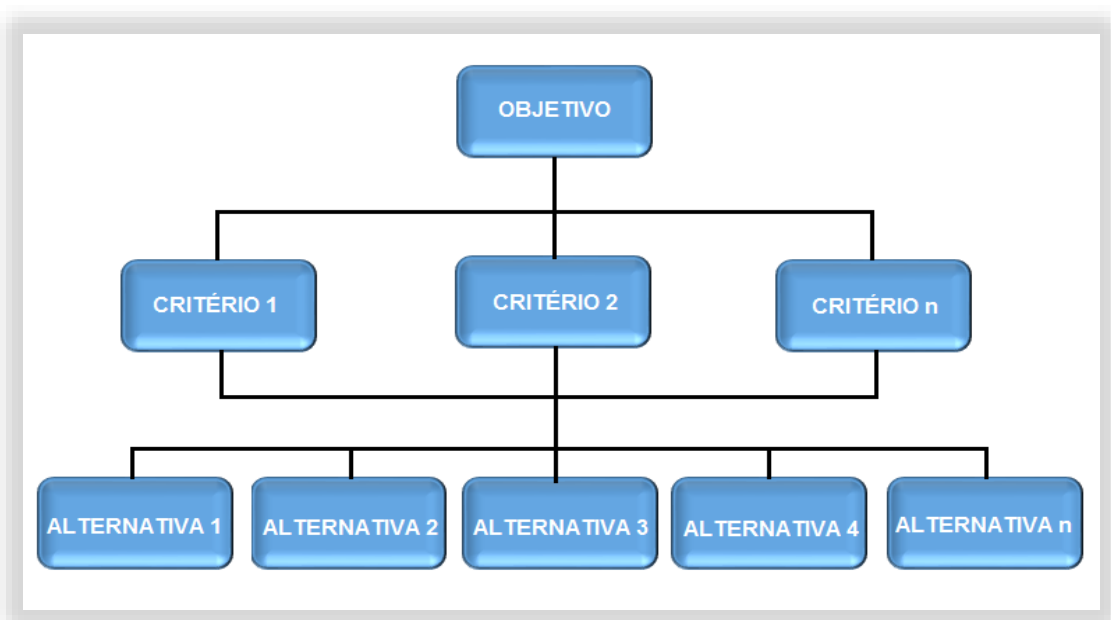
A abordagem feita no método ELECTRE, de acordo com Macharis et al. (2004), parte da ação de separar do conjunto total das alternativas, aquelas que são preferidas na maioria dos critérios de avaliação, e que não causam um nível inaceitável de descontentamento nos outros critérios.

#### 2.4.5 Método AHP (Método da Análise Hierárquica)

Este método, desenvolvido na década de 1970 por Thomas L. Saaty, é um método de apoio à tomada de decisão amplamente utilizado. Baseia-se na decomposição e divisão do problema em fatores que podem ser ainda decompostos em outros fatores, criando assim, uma hierarquia até atingir fatores mais claros.

Segundo Costa (2004), este método está baseado em três aspectos do pensamento analítico. Os critérios escolhidos possuem alternativas que devem ser avaliadas para que a melhor opção seja escolhida, conforme mostra a Figura 4.

Figura 4-Hierarquia no método AHP.



(Fonte: Autor)

De acordo com o que é mostrado na Figura 4, definido o objetivo, podem ser evidenciados os critérios necessários para que o mesmo seja alcançado e os seguintes passos devem ser obedecidos:

- i) **Construção de hierarquias:** A estruturação do problema em níveis hierárquicos permite sua melhor compreensão e avaliação. A aplicação deste método depende da possibilidade do problema ser decomposto em níveis hierárquicos, sendo que, o primeiro nível, corresponde ao problema em sua visão mais abrangente, seu objetivo, o segundo nível corresponde aos critérios que serão adotados para a sua solução e no terceiro nível, as alternativas;
- ii) **Definição de prioridades:** Tem por base a habilidade humana em perceber relacionamentos entre objetos e situações, elaborando a comparação entre pares;
- iii) **Lógica consistente:** Estabelece a coerência entre as relações criadas entre objetos e situações e sobre os pares formados.

O AHP é um método que ajuda as pessoas a escolher e a justificar a sua escolha. Dessa forma, trata-se de um método a priori, determinando os critérios e seus pesos a partir das preferências dos decisores. A hierarquia de critérios e desse método é definida pelos tomadores de decisão à medida que se constrói o modelo.

Os critérios são comparados entre si dois a dois, o que introduz um componente subjetivo no modelo. Isto é, os critérios e pesos são resultados de julgamentos humanos, não simplesmente informações matemáticas.

O método AHP é modelado a partir de julgamentos qualitativos e paritariamente. Para realizar os julgamentos, Saaty (2008), criou uma escala fundamental que vai de 1 a 9. Essa escala leva em consideração estudos utilizando teorias da psicologia onde é constatado que o ser humano não é capaz de avaliar de forma paritária (par a par), com índices acima de 9. A escala é apresentada no Quadro 1.

Quadro 1-Escala numérica de Saaty

Escala numérica	Escala verbal	Explicação
1	Ambos os elementos são de igual importância.	Ambos os elementos contribuem com a propriedade de igual forma.
3	Moderada importância de um elemento sobre o outro.	A experiência e a opinião favorecem um elemento sobre outro.
5	Forte importância de um elemento sobre o outro.	Um elemento é fortemente favorecido.
7	Importância muito forte de um elemento sobre o outro.	Um elemento é muito fortemente favorecido em relação ao outro.
9	Extrema importância de um elemento sobre o outro.	Um elemento é favorecido pelo menos com uma ordem de magnitude de diferença.
2,4,6,8	Valores intermediários entre opiniões adjacentes.	Usados como valores de consenso entre as opiniões.
Incremento 0,1	Valores intermediários na graduação mais fina de 0,1.	Usados para graduação mais finas das opiniões.

(Fonte: Saaty, 2008)

A comparação par a par, gera matrizes quadradas, onde o número na linha  $i$  e na coluna  $j$  dá a importância do critério  $a_i$  em relação à  $a_j$ , como se observa na forma matricial indicada na Figura 5.

Figura 5-Matriz quadrada para comparação de alternativas no método AHP.

$$A = \begin{Bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1j} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2j} \\ \frac{1}{a_{13}} & \frac{1}{a_{23}} & 1 & \dots & a_{3j} \\ \dots & \dots & \dots & 1 & \dots \\ \frac{1}{a_{1j}} & \frac{1}{a_{2j}} & \frac{1}{a_{3j}} & \dots & 1 \end{Bmatrix}$$

(Fonte: Saaty, 1991)

O processo de utilização do método AHP para decisão multicritério baseia-se nas etapas que são descritas no Quadro 2.

Quadro 2-Fluxograma de procedimentos do método AHP



(Fonte: Saaty,1991)

Os procedimentos para a utilização do método AHP mostradas no Quadro 2, são explicadas a seguir:

**Definição do objeto da decisão:** Define-se o problema a ser resolvido de acordo com as convicções do tomador de decisão;

**Identificação dos decisores:** Quando existe a necessidade de que a tomada de decisão seja realizada em grupo, é importante que haja um consenso entre as opiniões dos tomadores de decisão;

**Definição das alternativas:** Identificar quais alternativas podem estar disponíveis para que seja escolhida a melhor;

**Comparação das alternativas em relação aos critérios:** Comparação par a par entre as alternativas;



**Definição dos critérios e estruturação hierárquica:** São escolhidos os critérios que farão parte da decisão. Os critérios formam o primeiro nível de detalhamento da decisão;

**Determinação da importância relativa dos critérios:** São atribuídos pesos, ou índices que determinam a prioridade de um critério em relação aos demais;

**Obtenção do vetor de prioridades:** tem por objetivo identificar a ordem de importância de cada critério.

O vetor de prioridade tem por objetivo determinar a importância relativa entre os critérios e seu peso relativo em relação à meta global. Os valores encontrados para o vetor de prioridades têm significado físico direto no AHP. Ele determina a participação ou o peso daquele critério no resultado total da meta (VARGAS, 2010). Segundo Kostlan (1991 *apud* Vargas, 2010, p. 9) o cálculo exato do vetor de prioridades é determinado apenas em casos específicos. A maioria dos casos práticos utiliza uma aproximação visando simplificar o processo de cálculo, uma vez que a diferença entre o valor real e o valor aproximado é inferior a 10% (KOSTLAN, 1991).

Uma das formas de estimar o vetor de prioridades é por meio da média geométrica da linha, conforme a Equação 1:

$$\left(\prod_{i=1}^n a_i\right)^{\frac{1}{n}} = \sqrt[n]{a_1 a_2 \dots a_n} \quad (1)$$

**Avaliação global de cada alternativa:** Com base nos vetores de prioridades, pode-se obter o grau de importância de cada critério, em relação ao todo.

O Vetor de prioridades dá a ordem de prioridade e o autovalor é a medida de consistência do julgamento. O próximo passo é calcular o autovalor, conhecido como  $\lambda_{\max}$  (Lambda max). O método da análise hierárquica busca o autovalor máximo, identificado por  $\lambda_{\max}$ , que resume as propriedades essenciais da matriz.

O  $\lambda_{\max}$  é obtido através da seguinte Equação 2:

$$\lambda_{\max} = (\sum c_1 * vp_1) + (\sum c_2 * vp_2) + \dots + (\sum c_n * vp_n) \quad (2)$$

Na qual:  $C$  = critério,  $VP$  = vetor normalizado

**Análise de consistência:** Tem como objetivo, medir o quanto os julgamentos foram consistentes em relação a grandes amostras de juízos completamente aleatórios;

**Análise de sensibilidade:** Tem por objetivo verificar se o modelo criado para o problema condiz com a realidade. A análise de sensibilidade possibilita perceber a resistência dos valores das alternativas a possíveis mudanças em determinadas partes do problema.

Como o método AHP realiza julgamentos com base em valores, pode ocorrer que esses julgamentos sejam inconsistentes. Prevendo esse problema, Saaty (1991), propõe um procedimento que permita avaliar a consistência dos julgamentos. Esse procedimento é chamado de Índice de Consistência (IC) ou, Índice de coerência, e avalia o grau de inconsistência da matriz de julgamentos paritários. O elemento  $N$ , presente na equação se refere ao número de critérios da matriz. Esse cálculo é realizado utilizando-se a Equação 3:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - N}{N - 1} \quad (3)$$

Na qual:  $N$  é o número de critérios utilizados na matriz recíproca.

O Cálculo da Razão de Consistência (RC), permite avaliar a inconsistência em função da ordem da matriz de julgamentos. Para a obtenção desse índice deve-se recorrer a uma tabela criada por Saaty (1991), baseada em um grande número de simulações, que recebe o nome de “Índices de Consistências Randômicos” e está representada na Tabela 1.

Tabela 1-Tabela de índices de consistências randômicos.

TABELA DE ÍNDICES DE CONSISTÊNCIAS RANDÔMICOS (IR)										
N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

(Fonte: Saaty, 1991)

A equação para realizar o cálculo da razão da consistência é definida em (4):

$$RC = \frac{IC}{IR} \leq 0,1 \sim 10\% \quad (4)$$

Na qual: IC = Índice de Consistência, IR = Valor encontrado na tabela de índices de consistências randômicos.

É importante para a consistência dos julgamentos que a Razão da Consistência seja igual ou menor a 10% ( $RC \leq 10\%$ ). Caso ocorra um percentual maior do que 10% indica a existência de uma inconsistência muito grande entre os critérios e os mesmos devem ser revistos.

#### 2.4.5.1 Atributos Diretos e Indiretos

O método AHP possui algumas particularidades com relação aos dados que são tratados e divide os dados em atributos diretos e atributos indiretos. Atributos diretos são valores numéricos onde, o maior valor se traduz em uma condição melhor, enquanto valores menores se traduzem em uma condição pior. Como exemplo de atributos diretos pode-se citar: Salário, Receita, Faturamento, etc. Atributos indiretos são valores numéricos onde o maior valor se traduz em uma condição melhor, enquanto que valores maiores, são traduzidos como uma situação pior. Como exemplo de atributos indiretos pode-se citar: Número de horas, Consumo, Horas extras, etc.

No caso de atributos diretos, utiliza-se somente a normalização da matriz, para os atributos indiretos, deve ser feita uma HARMONIZAÇÃO, que é forçar a proporcionalidade inversa, isto é, o maior valor tem o menor peso e o menor valor, o maior peso.

Esse resultado é obtido invertendo-se a ordem do cálculo, ou seja, divide-se o valor individual de cada vetor pelo somatório dos vetores. Após realizar essa operação, é necessário que seja feita uma nova normalização com os valores encontrados.

## 2.5 ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

Segundo Parreiras (2006), a análise de decisão multicritério tem como objetivo auxiliar a fazer escolhas em conformidade com os interesses, em circunstâncias de dúvida, incerteza, conflito de informações e com a concorrência de vários critérios.

Ainda segundo Parreiras (2006), um problema de decisão multicritério envolve os seguintes elementos básicos:

- Conjunto A de alternativas (ações, opções ou possíveis soluções) - Nos problemas classificados como discretos, corresponde a uma lista finita em que cada elemento  $a \in A$  e corresponde a uma opção;
- Conjunto de consequências ou atributos - A decisão final exige que as alternativas sejam comparadas entre si, considerando-se os efeitos da implementação de cada uma;
- Conjunto C de critérios – Cada critério representa um ponto de vista, segundo o qual, as comparações são realizadas.

O Quadro 3 mostra algumas formas de aplicabilidade da técnica.

Quadro 3-Tipos e exemplos práticos de problemas de decisão multicritério

Tipo de problema	Exemplos / Explicação
Ordenar alternativas da melhor para a pior.	Ordenar candidatos a um emprego em uma empresa, conforme seu desempenho no processo de seleção

Quadro 3-Tipos e exemplos práticos de problemas de decisão multicritério (Continuação)

Tipo de problema	Exemplos / Explicação
Fornecer a melhor alternativa ou um conjunto limitado de soluções consideradas satisfatórias.	Seleção de uma entre várias opções para escolha de um <i>software</i> . As melhores soluções não são necessariamente ótimas, mas, satisfatórias. A otimização <u>multiobjetivo</u> pode ser considerada um problema de decisão em que a melhor alternativa também deve ser ótima.
Classificar as alternativas em grupos homogêneos predefinidos.	Diagnóstico médico pela classificação de pacientes em grupos de doenças de acordo com os sintomas apresentados.

(Fonte: Parreiras, 2006)

### 2.5.1 COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

Com relação aos métodos de análise de decisão multicritério, alguns autores têm se incumbido de produzir materiais que comparam os diversos métodos existentes, conforme é evidenciado a seguir.

Salomon, Montevechi e Pamplona (1999), apresentaram justificativas para a utilização do método AHP, comparando-o com diversos outros métodos, entre os quais, o método MACBETH, citado na seção 2.4.2. Segundo os autores desse trabalho, o método AHP não se mostrou inferior a qualquer outro método de análise de decisão multicritério. Acrescentam ainda: “. Os resultados obtidos por diferentes métodos, na maioria das vezes, foram considerados similares e diversas vantagens da aplicação do método AHP foram observadas em todos os casos.” (SALOMON; MONTEVECHI; PAMPLONA, 1999).

Para Ishizaka e Labib (2009), o método AHP atinge um equilíbrio entre a facilidade de modelagem e a usabilidade, sendo, por esse motivo, amplamente

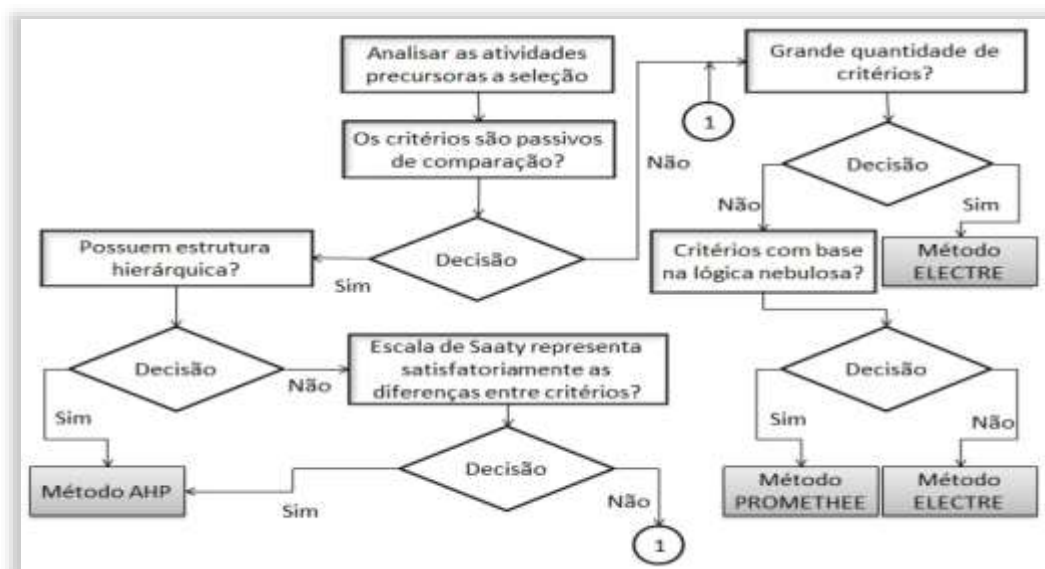
utilizado. Além disso, a estrutura do AHP permite que os gerentes o utilizem de forma intuitiva em seus julgamentos.

Para Pereira e Binchini (2013), a escolha do método AHP como ferramenta para a análise de decisão multicritério, considera a sua flexibilidade e a possibilidade de utilização de aspectos subjetivos, que são difíceis de externar e quantificar, por se tratar, muitas vezes, de aspectos de escolha pessoal.

Leite e Freitas (2012) realizaram um trabalho comparativo entre os métodos AHP, ELECTRE e PROMETHEE, concluindo que os métodos AHP e ELECTRE, sendo os mais difundidos, têm algumas vantagens, tais como a simplicidade e o fácil entendimento, em relação ao método PROMETHEE, que possui características intermediárias entre os métodos comparados.

A Figura 6 mostra a contribuição do trabalho de Leite e Freitas (2012) no que se refere à decisão sobre a escolha do método de análise de decisão multicritério. Mostra também, de forma esquemática, qual o melhor método de análise de decisão multicritério, de acordo com as características do problema. É interessante salientar que o método AHP, como pode ser visualizado na Figura 6, é indicado principalmente no caso de critérios que possuem estrutura hierárquica e que o método PROMETHEE é indicado quando os critérios têm base na lógica nebulosa (*Fuzzy*).

Figura 6-Fluxo de decisão para os métodos AHP, ELECTRE e PROMETHEE.



(Fonte: Leite e Freitas, 2012)

## 2.6 ANAMNESE

Para que se possa ter uma visão clara do trabalho, é necessário que se saliente e relacione os assuntos tratados até o momento.

O foco do trabalho está baseado no sequenciamento de tarefas para um *Datacenter*, visando eliminar, ou minimizar, a carga excessiva (sobrecarga) em determinado computador.

Como exposto na seção 2.1, a otimização das atividades é uma das premissas do sequenciamento de tarefas. Cabe, portanto, a sua utilização neste trabalho uma vez que se tem o intuito de encontrar soluções alternativas e de igual eficiência ao processo padrão (Cenário básico). Dessa forma, com o auxílio de ferramentas de modelagem e simulação computacional, o estudo prévio de possíveis cenários alternativos, mesmo que hipotéticos, permitirá uma resposta rápida para qualquer evento que ocorra fora dos padrões.

A utilização de ferramentas de modelagem e simulação computacional é de suma importância, pois permite a elaboração dos mais diversos cenários sem que haja a necessidade de execução desses cenários, num ambiente real.

Uma vez que pode existir uma quantidade muito grande de cenários alternativos para um mesmo problema de sobrecarga em computadores, é muito difícil, para uma pessoa, estimar qual a melhor resposta. Assim, com o auxílio de um método de análise de decisão multicritério, no caso o método AHP, é possível determinar qual dos cenários simulados oferece a alternativa mais viável.

A seção 2.7 tem por objetivo apresentar trabalhos encontrados na literatura, que tratam do tema sequenciamento de tarefas sob vários aspectos, utilizando diversas ferramentas e métodos.

## 2.7 TRABALHOS RELACIONADOS

A literatura nacional e internacional conta com diversos trabalhos (alguns deles mostrados, posteriormente, no Quadro 4) que consideram os temas abordados nesta

dissertação. Modelagem e simulação computacional de processos, sequenciamento de tarefas para produção, métodos e modelos para a tomada de decisão e a criação ou estudo de cenários no ambiente de produção, são temas, geralmente, recorrentes no que concerne aos artigos e demais trabalhos ligados à Engenharia de Produção e onde seus autores encontram as mais variadas respostas por meio, também, das mais variadas ferramentas, métodos e recursos.

Nesse contexto, como afirmam Kouskouras et al. (2007) a modelagem e simulação computacional dos processos despertou interesse entre os acadêmicos e profissionais, como uma ferramenta para resolver questões relacionadas ao objetivo de encontrar as melhores alternativas para o planejamento de seus processos.

Segundo Bagdasaryan (2011), a incerteza da natureza dos sistemas complexos, e a heterogeneidade de informações relacionadas, requerem uma abordagem complexa para o seu estudo, consistindo de dados e gestão do conhecimento, modelagem, simulação e, por último, a tomada de decisão de apoio.

Castilla et al. (2009) sugerem que a modelagem e simulação computacional é um campo no qual as dimensões e inter-relações existentes entre os sistemas aumentam a complexidade dos modelos. Parece lógico supor que quanto maior a complexidade do modelo, maior a necessidade da simulação computacional.

Chamovitz (2008) atenta para o fato de que em projetos de simulação há necessidade de atividades cooperativas que envolvem uma intensa comunicação entre os participantes, ou seja, a simulação não é uma atividade que se exerce de forma isolada, os demais envolvidos devem participar da confecção das simulações e opinar a respeito dos resultados.

Para Fernandes (2004), com o uso da simulação de sistemas de eventos discretos e da lógica nebulosa (*Fuzzy*) é possível testar sequências de produção com a avaliação de cada sequência de acordo com determinado cenário. Da mesma forma, Silva (2005), propõe um método de análise de cenários para sequenciamento da produção que indica um número reduzido de sequências a serem simuladas. Independente da técnica, modelo, *software* ou ferramenta utilizada, a maior preocupação é a de fazer com que a produção seja mais eficiente.



Os trabalhos estudados têm a preocupação de estabelecer critérios que permitam o melhor desempenho para o início do processo, ou seja, antecipadamente, há uma projeção de como o processo deve ser executado com informações obtidas *a priori*.

Para Araújo, Corrêa e Nunes (2013), as empresas são obrigadas a se reinventar diariamente em razão da maximização dos lucros e da minimização dos custos e, para que isso seja possível, as mudanças estratégicas podem ser obtidas com mais facilidade através da modelagem e simulação computacional de seus processos. Nesse sentido, segundo esses autores, a simulação é uma aliada dos gestores e tomadores de decisão, podendo ser aplicada para prever determinado comportamento de um problema específico.

A maior contribuição da modelagem e simulação computacional dos processos de uma empresa está no fato de ser possível criar ambientes e situações para o estudo de cenários factíveis, antes que os mesmos ocorram, permitindo a visualização de ações adequadas, minimizando o tempo de resposta a um determinado evento, seja esse evento benéfico ou não.

Na literatura também é possível encontrar trabalhos como os de Pizzolato, Vasquez e D'Avila (1999), onde o foco está relacionado à minimização dos tempos de limpeza e *setup* (Instalação) de uma máquina. Ravetti (2007), que aborda em seu trabalho problemas de sequenciamento em máquinas paralelas e problemas relacionados ao sequenciamento em ambiente *flow shop*. Moccerin e Nagano (2011), trazem estudos sobre o sequenciamento de tarefas em casos de cenários onde se apresentem quebras de máquinas, mas com abordagem para a resolução desse tipo de problema, com base na comparação de diversas heurísticas.

Vale destacar, no entanto, que trabalhos envolvendo a utilização da modelagem e simulação computacional de cenários de sobrecarga de máquinas, em conjunto com o uso de métodos de análise de decisão multicritério, especificamente no contexto de refazer o sequenciamento de tarefas, como proposto neste trabalho, não foram encontrados. Para ilustrar essa afirmação, o Quadro 4 apresenta uma síntese do material pesquisado, ordenado por autor, indicando o tipo e o enfoque do

trabalho em questão, além do título e autor. Esses trabalhos foram importantes para a formulação dos objetivos e direcionaram a escolha do tema desta dissertação.

Quadro 4-Materiais pesquisados e o enfoque de cada trabalho

<b>MATERIAIS PESQUISADOS</b>			
<b>Tipo de material /Ano publicação</b>	<b>Título</b>	<b>Autor</b>	<b>Enfoque</b>
Artigo 2001	Fatores chave de sucesso aplicados ao processo decisório organizacional com o uso do SAD.	Aquaroni, L. M.; Cezarini, E.W.	Processo decisório utilizando dados provenientes de sistemas de apoio à decisão.
Artigo 2013	Programación de Máquinas Paralelas no Relacionadas con Tiempos de Montaje dependientes de la Secuencia y Entrada Dinámica usando Algoritmos Genéticos	Arango, J.A.; Giraldo, J.A.; Castrillón, O.D.	Processamento de um número indeterminado de tarefas em um número indeterminado de máquinas utilizando algoritmo genético.
Artigo 2013	Análise do comportamento da demanda com abordagem de cenários simulados no setor automobilístico	Araújo, S.; Corrêa, V. A.; Nunes, L. E. N. P.	Análise comportamental da demanda simulando um cenário por meio da implantação de ampliação da visibilidade das etapas do processo fabril, de trânsito e armazenagem.
Artigo 2012	A decision support model for passenger capacity design of BRT station	Bekker, J.; Engelbrecht, L.	Modelo de apoio à decisão com o objetivo de planejar a capacidade de terminais de ônibus.
Artigo 2006	Cenários e Análise Estratégica: questões metodológicas	De Toni, J.	Confecção de cenários com base em variáveis.

Quadro 4-Materiais pesquisados e o enfoque de cada trabalho (Continuação)

<b>MATERIAIS PESQUISADOS</b>			
<b>Tipo de material /Ano publicação</b>	<b>Título</b>	<b>Autor</b>	<b>Enfoque</b>
Artigo 2012	<i>Software process assessment and improvement using multicriteria decision aiding - construtivist</i>	Ensslin, L.; Scheid, L.C.M.; Ensslin, S.R.; Lacerda, R.T.O.	Avaliação dos processos de <i>software</i> . Tomada de decisão com base na melhoria dos processos através da metodologia construtivista – método Macbeth.
Artigo 2012	Impacto das incertezas da previsão da demanda no planejamento detalhado da produção	Favaretto, F.	Tomada de decisão sob cenário de incerteza.
Dissertação 2004	Um avaliador de cenários simulados para o sequenciamento da produção em sistemas automatizados de manufatura usando lógica nebulosa	Fernandes, M.C.	Sequenciamento de máquinas. Sequenciamento utilizando lógica Fuzzy. Avaliação de dados obtidos na simulação de cenários representativos para o sequenciamento da produção.
Artigo 2009	Predictability of event occurrences in partially-observed discrete-event systems	Genc, S.; Lafortune, S.	Ocorrência de problemas em eventos significativos. Previsibilidade da ocorrência de um evento.
Dissertação 2007	Sequenciamento em Máquina com Penalidades por Antecipação e Atraso	Gomes Jr., A. C.	Programação da produção com sequenciamento em uma máquina com penalidades por antecipação e atraso.

Quadro 4-Materiais pesquisados e o enfoque de cada trabalho (Continuação)

<b>MATERIAIS PESQUISADOS</b>			
<b>Tipo de material /Ano publicação</b>	<b>Título</b>	<b>Autor</b>	<b>Enfoque</b>
Artigo 2012	Aplicação de métodos multicritério à escolha de modelos de pagamento eletrônico por cartão de crédito	Gomes, C.F.S.; Costa, H.G.	Estudo que compara os resultados da aplicação de diferentes métodos de apoio multicritério à decisão.
Artigo 2012	Aplicação de métodos multicritério ao problema de escolha de modelos de pagamento eletrônico por cartão de crédito	Gomes, C.F.S.; Costa, H.G.	Estudo que compara os resultados da aplicação de diferentes métodos de apoio multicritério à decisão.
Artigo 2013	Métodos de decisão multicritério para seleção de fornecedores: um panorama do estado da arte	Lima Jr, F.R.; Osiro, L.; Carpinetti, L.C.R.	Seleção de fornecedores utilizando métodos de tomada de decisão multicritério
Artigo 2008	Utilização de métodos de apoio à decisão para decisões estratégicas: o caso da manutenção de embarcações de transporte de cargas	Lindermann, J.; Hansen, P.B.	Estratégias para a tomada de decisão.
Artigo 2011	Heuristic for Flow Shop Sequencing with Separated and Sequence Independent Setup Times	Moccellin, J.V.; Nagano, M.S.	Sequenciamento de máquinas. Otimização do tempo de Setup através de métodos heurísticos.

Quadro 4-Materiais pesquisados e o enfoque de cada trabalho (Continuação)

<b>MATERIAIS PESQUISADOS</b>			
<b>Tipo de material /Ano publicação</b>	<b>Título</b>	<b>Autor</b>	<b>Enfoque</b>
Artigo 2010	Production Scheduling with sequence-dependent setup and JOB release times	Montoya-Torres, J.R.; Soto-Ferrari, M.; González-Solano, F.	Redução do tempo de Makespan no sequenciamento de máquinas. Sequenciamento aleatório e decisão sobre o melhor tempo obtido.
Artigo 1999	O problema do sequenciamento da produção em uma indústria química	Pizzolato, N. D.; Vásquez, S. G. G.; D'Avila, S. L. G.	opções de custos de setup, sequência de produção e Produção, com pouco tempo produtivo e longos tempos de setup.
Tese 2007	Algoritmos para o problema de sequenciamento com máquinas paralelas e tempos de preparação dependentes da sequencia	Ravetti, M. C.	Sequenciamento de maquinas e planejamento da produção.
Dissertação 2013	Algoritmos Multiobjetivos para o Problema de Sequenciamento de Tarefas em Uma Máquina com Tempo de Preparação Dependente da Sequência e da Família	Rego, M.F.	Problema de sequenciamento em uma máquina em que o tempo de preparação da máquina depende da sequência e da família das tarefas.

Quadro 4-Materiais pesquisados e o enfoque de cada trabalho (Continuação)

<b>MATERIAIS PESQUISADOS</b>			
<b>Tipo de material /Ano publicação</b>	<b>Título</b>	<b>Autor</b>	<b>Enfoque</b>
Tese 2013	Métodos de solução para um problema de sequenciamento da produção com sincronismo de execução de tarefas.	Rodriguez, L. A. O.	Sequenciamento de produção em máquinas paralelas.
Artigo 2012	Simulação a eventos discretos e avaliação econômica para análise do processo de fabricação de serras diamantadas.	Sá; A. C. A.; Rangel, J. J. A.; Shimoda, E.; Barroso, M. F. C. M.; Delvaux, A. S.; Skury, A. L. D.	Simulação a eventos discretos e avaliação econômica dos experimentos simulados.
Artigo 2005	Um método de análise de cenários para sequenciamento da produção usando lógica nebulosa.	Silva, A.R.	Análise de cenários para sequenciamento da produção com base na lógica Fuzzy.
Artigo 2012	Avaliação de regras de sequenciamento da produção em ambientes JOB shop e Flowshop por meio de simulação computacional	Silva, E.B.; Costa, M.G.; Silva, M. F. S.; Pereira, F. H.	Simulação computacional é empregada para estudar os efeitos das regras de sequenciamento de produção no desempenho de ambientes de manufatura JOB shop e flow shop.

Quadro 4-Materiais pesquisados e o enfoque de cada trabalho (Continuação)

<b>MATERIAIS PESQUISADOS</b>			
<b>Tipo de material /Ano publicação</b>	<b>Título</b>	<b>Autor</b>	<b>Enfoque</b>
Artigo 2006	Sistema de apoio à decisão para programação da produção em fundições de mercado	Teixeira Jr, R. F.; Fernandes, F.C.F.; Pereira, N.A.	Proposição de um sistema de apoio à decisão (SAD) para elaboração da programação da produção em fundições que trabalham com produtos personalizados sob encomenda.
Artigo 2012	Using Electre Tri to support maintenance on water distribution networks	Trojan, F.; Morais, D.C.	Utilização do modelo Electre Tri para apoio à tomada de decisão multicritérios para a gestão do abastecimento de água.

(Fonte: Autor)

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

Neste capítulo é feita a apresentação dos materiais e métodos utilizados como base para realização do trabalho, bem como dos procedimentos adotados na modelagem do cenário básico e dos cenários alternativos propostos.

#### 3.1 MÉTODOS DE PESQUISA

Este trabalho está baseado, principalmente, em estudos anteriores sobre o sequenciamento de produção utilizando a modelagem e simulação computacional e, também, em trabalhos que abordam métodos de análise de decisão multicritério. Para tal, a revisão bibliográfica realizada consiste de uma síntese, a mais completa possível, referente ao trabalho e aos dados do tema, dentro de uma sequência lógica (LAKATOS; MARCONI, 2003).

Foi realizada uma pesquisa buscando identificar similaridade em trabalhos de outros autores com o trabalho que se propõe e, além dessa similaridade, também a oportunidade de uma proposta inovadora ou que apresente um avanço em relação às propostas existentes, conforme propõe Silva e Menezes (2005), para a elaboração de uma dissertação.

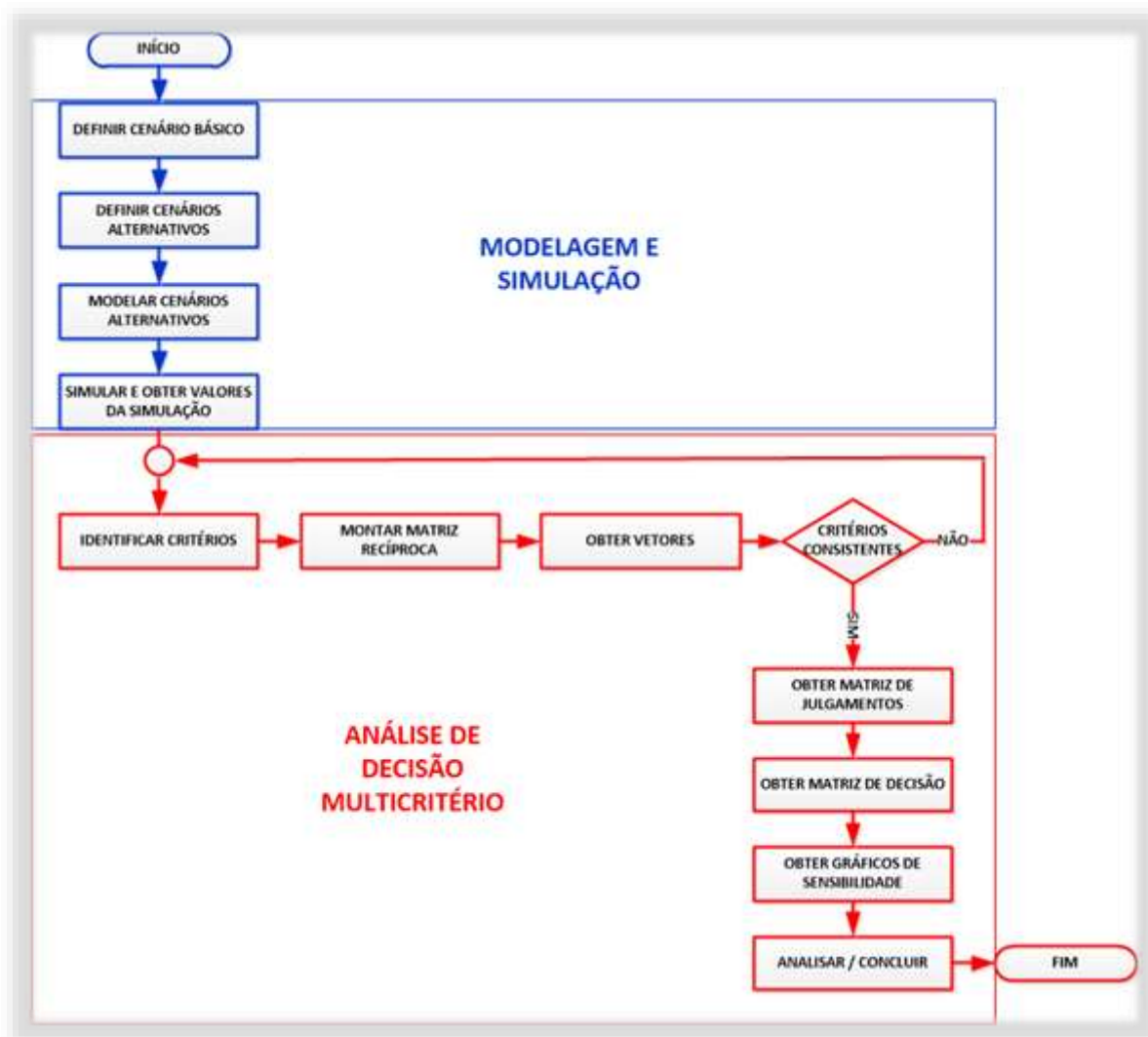
O trabalho apresentado é de natureza quantitativa, pois se pretende quantificar a variação nas medidas de desempenho tempo total de processamento, tempo total de atraso e número de tarefas atrasadas em relação ao sequenciamento de tarefas em cenários alternativos, definidos para simular a sobrecarga de um computador. Trata-se, portanto, de uma pesquisa empírica com variáveis mensuradas numericamente (KUMAR, 2011; MARTINS, 2012).

Finalmente, o método de pesquisa é baseado em modelagem e simulação computacional, pois emula as operações do sistema real à medida que evolui no tempo, por meio de uma representação simplificada (modelo) desse sistema (MORABITO NETO e PUREZA, 2012).



Para melhor ilustrar a sequência de atividades que foram realizadas no decorrer deste trabalho, foi desenvolvido o fluxograma apresentado na Figura 7.

Figura 7-Sequência de atividades do trabalho.



(Fonte: Autor)

A Figura 7 mostra as atividades envolvidas na modelagem e simulação computacional, que foi realizada com o auxílio da ferramenta ARENA e também as atividades que envolveram a utilização do método de análise de decisão multicritério, conduzida utilizando o método de análise de decisão multicritério AHP.

Na seção 3.2 serão abordados os materiais e métodos utilizados neste trabalho.

### 3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento deste trabalho depende, em grande parte, de *softwares* utilizados nos experimentos conduzidos. Esses *softwares* são descritos a seguir.

Para o desenvolvimento dos modelos dos cenários alternativos e a realização das simulações foi utilizado o *software* de simulação ARENA. Trata-se um ambiente gráfico integrado de simulação, no qual não existe a necessidade de escrever linhas de código para a sua utilização, pois todo o processo de criação do modelo de simulação é gráfico e visual, e de maneira integrada (PARAGON, 2015). O *software* ARENA contém todos os recursos para modelagem de processos, desenho e animação, análise estatística e análise de resultados.

A versão 12 utilizada para a realização dos experimentos neste trabalho, foi a escolhida (embora versões mais atuais estejam disponibilizadas), uma vez que o modelo de simulação original, desenvolvido por Silva (2011) e adotado neste trabalho para representar o cenário básico, foi desenvolvido nessa mesma versão.

A versão acadêmica do *software* é gratuita e possui limitações em relação à versão comercial no que diz respeito ao número de entidades simultâneas que podem ser utilizadas no modelo. Esta limitação, certamente impacta na obtenção de resultados mais condizentes com a realidade, entretanto, não inviabiliza ou invalida o modelo proposto. O *software* ARENA pode ser obtido, na sua versão *Student*, no endereço: <https://www.arenasimulation.com/simulation-software-download>.

O *software* Microsoft Excel, uma planilha eletrônica, também é utilizado neste trabalho. A sua utilização tem a finalidade de permitir a realização dos cálculos propostos para o método AHP.

O método AHP foi escolhido, conforme mostrado na seção 2.5.1, por permitir uma abordagem que facilita compreensão e avaliação dos critérios e alternativas.

### 3.3 O QUE É UM DATACENTER?

Um Centro de Dados, ou *Datacenter*, segundo Zucchi e Amâncio (2013), é o sucessor dos antigos Centros de Processamento de Dados das décadas de 1970 e 1980. É composto por inúmeros computadores dos mais diversos tipos, desde Pc's (*Personal Computers*) até supercomputadores, denominados *Mainframes*.

Um *Datacenter*, porém, não se restringe somente ao aspecto físico (*Hardware*), ou seja, aos computadores e equipamentos periféricos, tais como impressoras e monitores. O aspecto lógico (*Software*), torna-se extremamente importante, pois são os programas que permitem o correto processamento dos dados e, principalmente, no tempo adequado para que as informações geradas tenham utilidade.

Espera-se, portanto, que em um Datacenter as tarefas sejam executadas de forma correta, precisa e no tempo determinado. Com relação ao quesito Tempo, diversos fatores podem afetar o desempenho dos computadores. A degradação do tempo de processamento devido a um volume excessivo de trabalho em um determinado computador, é um desses fatores.

Para este trabalho, simulou-se um dos *Datacenter* de um grande conglomerado financeiro brasileiro e sediado na cidade de São Paulo. Baseado em um modelo real, esse *Datacenter* processa, em média, duzentos e cinquenta milhões de transações por dia, com oito computadores *Mainframe* de última geração (Quantidade de computadores em um dos *Datacenters*, que são ao todo cinco).

### 3.4 O MODELO DE SIMULAÇÃO ADOTADO

O modelo de simulação definido nesta dissertação foi desenvolvido com base no trabalho de Silva (2011). O modelo foi originalmente proposto para a solução do problema de sequenciamento da produção em um ambiente de manufatura *job shop*, composto de várias máquinas, não necessariamente diferentes, que recebem tarefas de produção com um *mix* elevado e que seguem um roteiro de produção pré-definido com uma ou mais operações realizadas sequencialmente. Nesse contexto, *job* é

definido como um conjunto de tarefas que são executadas em um grupo de máquinas, seguindo uma rota pré-estabelecida. Este modelo foi escolhido pois possui características semelhantes às presentes em um *Datacenter*.

De acordo com Silva (2011), o modelo proposto (Simulado) e implementado no *software* ARENA, possui a quantidade de máquinas igual a oito (8), e dez tipos diferentes de *Jobs*. A sequência de tarefas de cada *job* indica a rota a ser percorrida nas máquinas, com tempo total de processamento estimado, conforme Quadro 5.

Quadro 5-Sequência de tarefas, rota e tempo de produção

TIPO DE JOB	ROTA	TEMPO TOTAL DE PROCESSAMENTO (Em segundos)
1	1,2,3,6	16,9
2	1,3,7,8	16,4
3	1,5,8	11,6
4	1,2,3,5,6,7,8	27,3
5	3,4,6,7	16,3
6	1,2,4,3,1,2,4,5,7	36,0
7	2,6,5,6,8	20,7
8	1,2,4,5,7	19,7
9	2,3,4,6,7	21,0
10	1,2,4,5,8	20,6

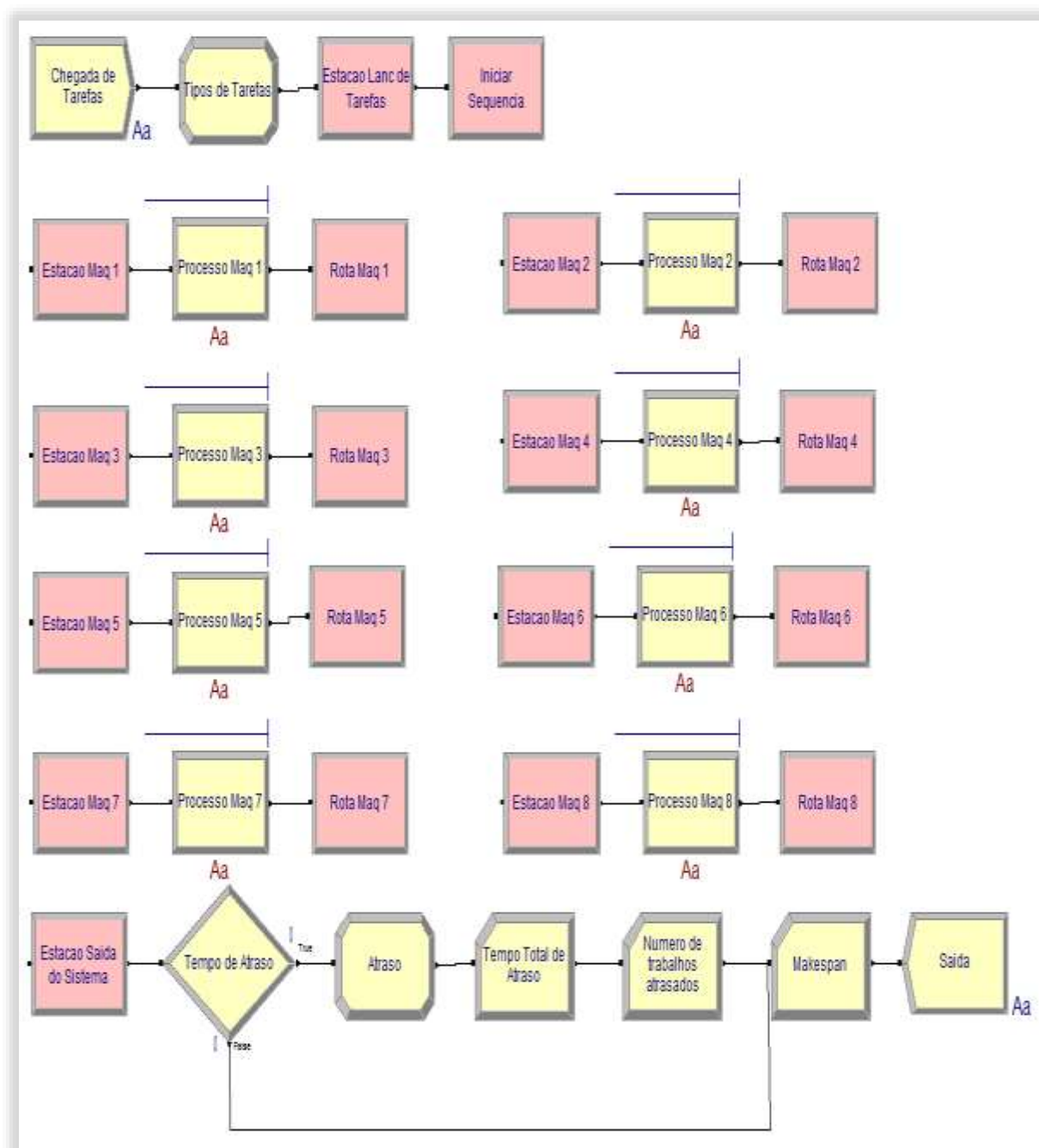
(Fonte: Silva, 2011)

No modelo de simulação adotado, ilustrado na Figura 8, podem ser identificados os módulos Processo Maq  $i$ ,  $i = 1, \dots, 8$ , os quais representam cada uma das 8 máquinas do ambiente estudado. Cada um desses módulos é precedido de um módulo **Station** (Estacao Maq  $i$ ), e seguido por um módulo **Route** (Rota Maq  $i$ ), formando um conjunto chamado estação de trabalho. Cada módulo **Route** é responsável por encaminhar o *job* para a próxima estação, de acordo com a rota apresentada no Quadro 5 e definida no *software* ARENA por um módulo **Sequence**. O módulo **Route** pode ser visualizado na Figura 9.

Após o módulo chamado *Estação Saída do sistema*, estão os módulos relacionados ao desempenho de cada uma das regras de sequenciamento das

tarefas, bem como os que documentam e armazenam estes resultados. Cada símbolo do modelo representa um elemento do processo.

Figura 8-Modelo que representa o modelo adotado.



(Fonte: Silva, 2011)

Figura 9-Definição das rotas no modelo de simulação.

	Name	Route Time	Units	Destination Type
1	Iniciar Sequencia	0.	Minutes	By Sequence
2	Rota Maq 1	0.	Minutes	By Sequence
3	Rota Maq 2	0.	Minutes	By Sequence
4	Rota Maq 3	0.	Minutes	By Sequence
5	Rota Maq 4	0.	Minutes	By Sequence
6	Rota Maq 5	0.	Minutes	By Sequence
7	Rota Maq 6	0.	Minutes	By Sequence
8	Rota Maq 7	0.	Minutes	By Sequence
9	Rota Maq 8	0.	Minutes	By Sequence

	Name	Steps
1	Tarefa 1 Processo Plan	5 rows
2	Tarefa 2 Processo Plan	5 rows
3	Tarefa 3 Processo Plan	4 rows
4	Tarefa 4 Processo Plan	8 rows
5	Tarefa 5 Processo Plan	5 rows
6	Tarefa 6 Processo Plan	10 rows
7	Tarefa 7 Processo Plan	6 rows
8	Tarefa 8 Processo Plan	6 rows
9	Tarefa 9 Processo Plan	6 rows
10	Tarefa 10 Processo Plan	6 rows

	Station Name	Step Name	Next Step	Assignments
1	Maquina 1	Tarefa 1 Step 1		1 rows
2	Maquina 2	Tarefa 1 Step 2		1 rows
3	Maquina 3	Tarefa 1 Step 3		1 rows
4	Maquina 6	Tarefa 1 Step 4		1 rows
5	Saída do Sistema	Tarefa 1 Step 5		0 rows

(Fonte: Silva, 2011)

O destaque, em preto, na Figura 9, na janela *Route: Advanced Transfer*, refere-se à rota definida para o *job* 1. No primeiro módulo do modelo (módulo **Create**), são inseridas as informações sobre o comportamento das chegadas das tarefas, o qual é descrito, nesse caso, por uma distribuição teórica de probabilidades. Para o trabalho de Silva (2011), a distribuição exponencial foi utilizada, pois reflete o que Freitas Filho (2008) expõe sobre esse assunto: “a principal característica da distribuição exponencial, e a razão de sua grande aplicabilidade em sistemas de filas, é sua falta de memória. Todo fenômeno aleatório descrito por essa distribuição se caracteriza pela total imprevisibilidade, mesmo que se conheça o seu passado”.

O conceito de fila foi abordado na seção 2 deste trabalho. A programação original do módulo **Create** é ilustrada na Figura 10.

Figura 10-Módulo **Create** no modelo original.

The image shows a 'Create' dialog box with the following fields and values:

- Name:** Chegada de Tarefas
- Entity Type:** Tarefas
- Time Between Arrivals:**
  - Type: Expression
  - Expression: EXPO(11.3)
  - Units: Minutes
- Entities per Arrival:** 1
- Max Arrivals:** Infinite
- First Creation:** 0.0

Buttons at the bottom: OK, Cancel, Help.

(Fonte: Silva, 2011)

As definições dos atributos das tarefas de produção, como o tipo da ordem, são inseridas no modelo por meio do módulo **Assign** (chamado “Tipos de Tarefas” no Modelo), mostrado na Figura 11.

O modelo de simulação original possui a funcionalidade de avaliar as regras de sequenciamento FIFO, LIFO, SPT e LPT (descritas na seção 2 deste trabalho) considerando os critérios de desempenho *makespan*, tempo total de atraso e número de tarefas atrasadas (SILVA, 2011). Entretanto, não considera indisponibilidades temporárias causadas por quebras, manutenções ou *set ups*, ou por qualquer outro motivo. Portanto, o modelo é adequado para representar o sistema de *Datacenter* proposto neste trabalho, mas requer algumas modificações como explicado na seção 3.5.

É importante frisar que o termo Máquina, no contexto deste trabalho, se refere a um Computador. Os tipos de tarefas que devem ser executadas, a especificação de cada tarefa, os atributos e valores dos atributos podem ser visualizados na Figura 11, extraída do trabalho de Silva (2011).

Figura 11-Valores e variáveis atribuídos a cada tarefa.

Assign - Basic Process			
	Name	Assignments	
1	Tipos de Tarefas	7 rows	
2	Atraso	1 rows	

Assignments			
	Type	Attribute Name	New Value
1	Attribute	HC	TNOW
2	Attribute	Tarefa Index	DISC( 0.10,1 , 0.20,2 , 0.3,3 , 0.40,4 , 0.50,5 , 0.60,6 , 0.70,7 , 0.80,8 , 0.90,9 , 1.0,10)
3	Attribute	Entity.Sequence	Tarefa Sequencia (Tarefa Index)
4	Attribute	Menor Fla	NQ(Maquina Index)
5	Attribute	Entity.Picture	Tarefa Picture(Tarefa Index)

Assignments			
	Type	Attribute Name	New Value
1	Attribute	Atraso	TNOW - (HC + Entrega(Tarefa Index))

(Fonte: Silva, 2011)

### 3.5 O MODELO DE SIMULAÇÃO PROPOSTO NESTE TRABALHO

As modificações realizadas no modelo proposto por Silva (2011) para atender aos objetivos propostos neste trabalho foram realizadas nas seguintes variáveis:

- Tempo entre chegadas de tarefas,
- Número de tarefas que chegam,
- Regras de sequenciamento e
- Tempos de processamento das tarefas,

Os módulos do *software* Arena que sofreram alterações são descritos a seguir.

#### 3.5.1 Modificações no módulo **Create**

O módulo **Create** é o responsável por indicar como ocorrem as chegadas das tarefas para o processamento. Na figura 12, a expressão EXPO(5), indica uma distribuição de chegada a cada 5 minutos e o número de entidades por chegada



(*Entities per Arrival*) indica como as tarefas têm a sua chegada prevista. A chegada passou, então, a ser identificada pela seguinte expressão:

Disc (0.6, 1, 0.9, 2, 1.0, 3)

Na qual:

- Disc - indica que é uma distribuição de probabilidades discreta;
- Parâmetros - Os parâmetros entre os parênteses indicam a probabilidade acumulada de que o valor seguinte ocorra. Ou seja, os dois primeiros parâmetros da expressão (0.6, 1), indica que a probabilidade de que 1 tarefas seja solicitada simultaneamente é de 0.6 (60%).

Conforme pode ser visualizado na Figura 12, a chegada de tarefas é controlada por uma distribuição exponencial, com tempo médio entre as chegadas igual a 5 minutos, onde as tarefas que chegam podem seguir uma distribuição de probabilidades discreta não havendo, entretanto, limite para essas chegadas (*Max Arrivals = Infinite*).

Figura 12-Módulo **Create** modificado em relação ao projeto original.

The screenshot shows the 'Create' dialog box with the following configuration:

- Name:** Chegada de Tarefas
- Entity Type:** Tarefas
- Time Between Arrivals:**
  - Type: Expression
  - Expression: EXPO(5)
  - Units: Minutes
- Entities per Arrival:** DISC(0.6,1,0.9,2,1.)
- Max Arrivals:** Infinite
- First Creation:** 0.0

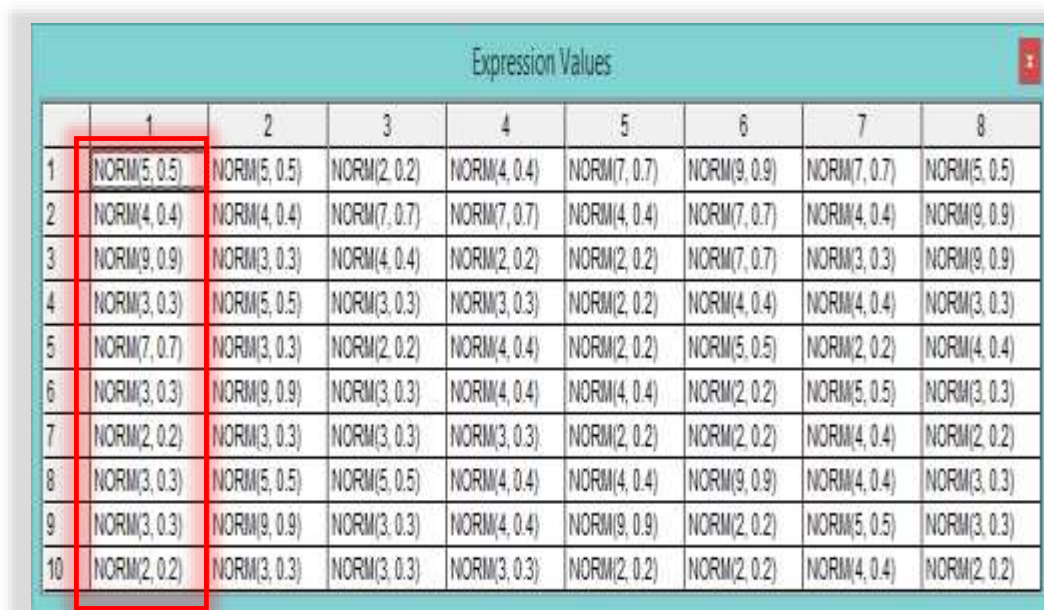
Buttons at the bottom: OK, Cancel, Help.

(Fonte: Autor)

### 3.5.2 Modificações no módulo *Expression*

O módulo *Expression*, permite que sejam inseridos valores através de um subconjunto denominado *Expression Values*, conforme podem ser visualizadas na Figura 13, as colunas representam as oito computadores existentes no *Datacenter* e as linhas, as tarefas. Os valores indicam uma expressão do tipo NORMAL (*NORM*), contendo dois atributos, sendo o primeiro, o tempo médio de processamento (em minutos) e o segundo, o desvio padrão. As expressões determinam os tempos de processamento de cada tarefa em cada computador. Os valores vão depender do tipo de tarefa, das características do computador. Tais valores foram obtidos com base na expertise do autor em processos informatizados, sob a sua responsabilidade, enquanto funcionário de um grande conglomerado financeiro, na área de desenvolvimento de sistemas.

Figura 13-Módulo *Expression* modificado em relação ao projeto original.



	1	2	3	4	5	6	7	8
1	NORM(5, 0.5)	NORM(5, 0.5)	NORM(2, 0.2)	NORM(4, 0.4)	NORM(7, 0.7)	NORM(9, 0.9)	NORM(7, 0.7)	NORM(5, 0.5)
2	NORM(4, 0.4)	NORM(4, 0.4)	NORM(7, 0.7)	NORM(7, 0.7)	NORM(4, 0.4)	NORM(7, 0.7)	NORM(4, 0.4)	NORM(9, 0.9)
3	NORM(9, 0.9)	NORM(3, 0.3)	NORM(4, 0.4)	NORM(2, 0.2)	NORM(2, 0.2)	NORM(7, 0.7)	NORM(3, 0.3)	NORM(9, 0.9)
4	NORM(3, 0.3)	NORM(5, 0.5)	NORM(3, 0.3)	NORM(3, 0.3)	NORM(2, 0.2)	NORM(4, 0.4)	NORM(4, 0.4)	NORM(3, 0.3)
5	NORM(7, 0.7)	NORM(3, 0.3)	NORM(2, 0.2)	NORM(4, 0.4)	NORM(2, 0.2)	NORM(5, 0.5)	NORM(2, 0.2)	NORM(4, 0.4)
6	NORM(3, 0.3)	NORM(9, 0.9)	NORM(3, 0.3)	NORM(4, 0.4)	NORM(4, 0.4)	NORM(2, 0.2)	NORM(5, 0.5)	NORM(3, 0.3)
7	NORM(2, 0.2)	NORM(3, 0.3)	NORM(3, 0.3)	NORM(3, 0.3)	NORM(2, 0.2)	NORM(2, 0.2)	NORM(4, 0.4)	NORM(2, 0.2)
8	NORM(3, 0.3)	NORM(5, 0.5)	NORM(5, 0.5)	NORM(4, 0.4)	NORM(4, 0.4)	NORM(9, 0.9)	NORM(4, 0.4)	NORM(3, 0.3)
9	NORM(3, 0.3)	NORM(9, 0.9)	NORM(3, 0.3)	NORM(4, 0.4)	NORM(9, 0.9)	NORM(2, 0.2)	NORM(5, 0.5)	NORM(3, 0.3)
10	NORM(2, 0.2)	NORM(3, 0.3)	NORM(3, 0.3)	NORM(3, 0.3)	NORM(2, 0.2)	NORM(2, 0.2)	NORM(4, 0.4)	NORM(2, 0.2)

(Fonte: Autor)

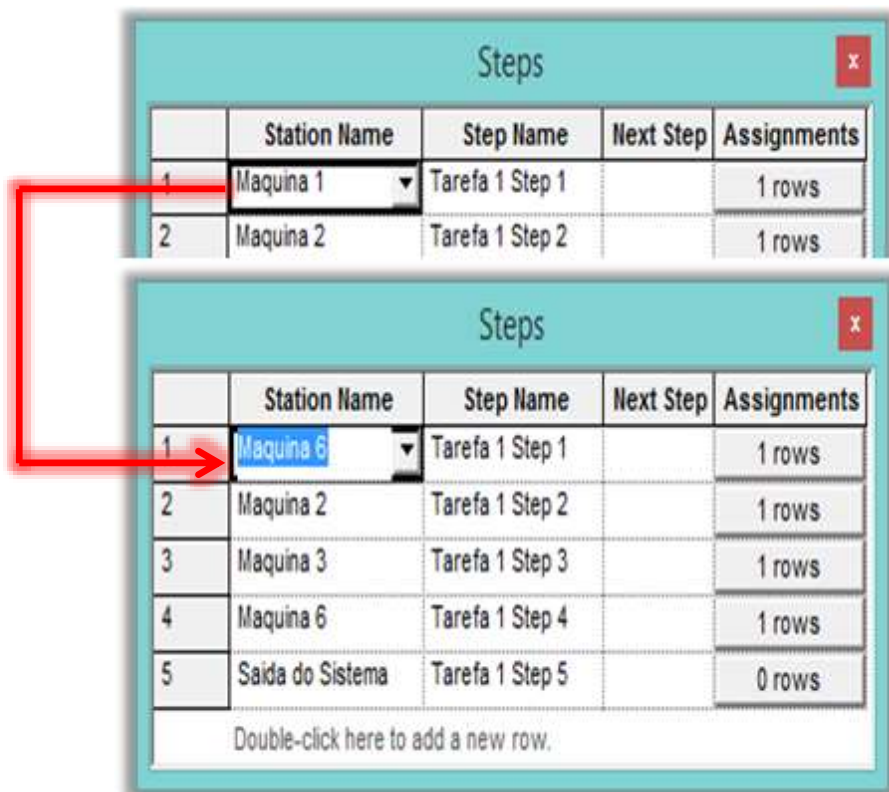
Os valores que se encontram em destaque referem-se aos tempos de processamento do computador 1 em cada tarefa onde é utilizado. Esses valores serão alterados em 300% para a simulação de sobrecarga provocando uma degradação no

desempenho do computador 1. Esse, será o cenário para a substituição do computador 1.

### 3.5.3 Modificações no módulo **Sequence**

Este módulo indica qual a sequência de processamento de cada tarefa, ou seja, quais computadores serão utilizados para a execução da tarefa e em qual ordem eles serão utilizados. Para cada cenário que for criado, prevendo uma modificação na sequência de execução das tarefas por um determinado computador, essa sequência deve ser alterada de acordo com a projeção que será explicada na seção 3.5. Os valores que serão modificados encontram-se no atributo *Station Name* e a substituição se dará de acordo com as substituições previstas, ou seja, caso o computador 1 deva ser substituído pelo computador 6, essa alteração deverá ser realizada no atributo. A Figura 14 mostra como o módulo está programado no cenário básico e como pode ser alterado.

Figura 14-Módulo **Sequence** modificado para atender às mudanças de cenários.



The figure illustrates the modification of the 'Steps' module. It shows two versions of the 'Steps' table. The top table represents the initial state, and the bottom table shows the state after modification. A red arrow points from the 'Maquina 1' dropdown in the top table to the 'Maquina 6' dropdown in the bottom table, indicating the change in the station assignment for Step 1.

	Station Name	Step Name	Next Step	Assignments
1	Maquina 1	Tarefa 1 Step 1		1 rows
2	Maquina 2	Tarefa 1 Step 2		1 rows

	Station Name	Step Name	Next Step	Assignments
1	Maquina 6	Tarefa 1 Step 1		1 rows
2	Maquina 2	Tarefa 1 Step 2		1 rows
3	Maquina 3	Tarefa 1 Step 3		1 rows
4	Maquina 6	Tarefa 1 Step 4		1 rows
5	Saída do Sistema	Tarefa 1 Step 5		0 rows

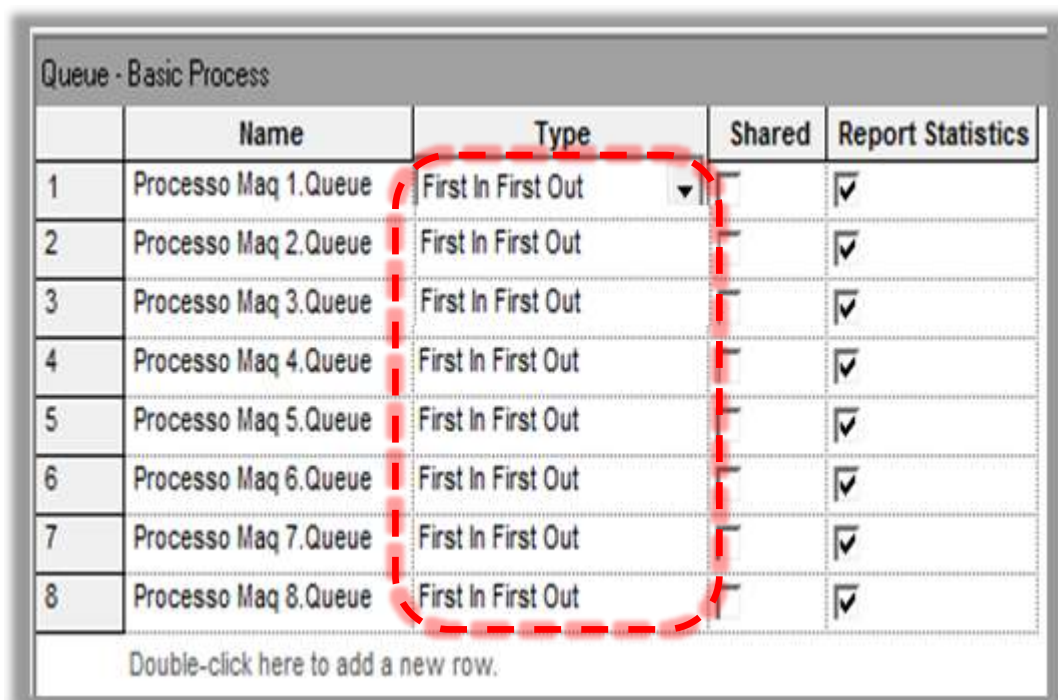
Double-click here to add a new row.

(Fonte: Autor)

### 3.5.4 Modificações no módulo **Queue**

Este módulo é o responsável por indicar qual a regra de sequenciamento que deve ser adotada. No cenário básico será sempre adotada a regra FIFO (*First In First Out*). Na Figura 15 pode ser visualizado o módulo e a regra de sequenciamento.

Figura 15-Módulo **Queue** modificado para atender às mudanças de cenários.



	Name	Type	Shared	Report Statistics
1	Processo Maq 1.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Processo Maq 2.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Processo Maq 3.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Processo Maq 4.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	Processo Maq 5.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Processo Maq 6.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Processo Maq 7.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Processo Maq 8.Queue	First In First Out	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Double-click here to add a new row.

(Fonte: Autor)

## 3.6 DEFINIÇÃO DOS CENÁRIOS

Nesta dissertação as estações de trabalho definidas no modelo e apresentadas na Figura 8 representam os computadores que fazem parte do *Datacenter* em estudo. Cada computador executa rotinas de determinadas áreas, conforme mostra o Quadro 6.

Com relação às tarefas, são as rotinas de processamento, e o produto final são as informações oriundas do processamento dos dados de entrada. Este é o Cenário Básico para o experimento, ou seja, pressupõe-se que a execução de uma

determinada tarefa, no dia-a-dia da empresa, seja executada de acordo com esse cenário.

Quadro 6-Computadores e sua destinação de uso

<b>RELAÇÃO DE COMPUTADORES E SEUS PROPÓSITOS</b>	
<b>M1</b>	SB90 - Mainframe encarregado de rotinas das áreas de contas correntes e crédito
<b>M2</b>	SC90 - Mainframe encarregado de rotinas das áreas de rh, contabilidade e contas a pagar
<b>M3</b>	SD90 - Mainframe encarregado das rotinas das áreas de caixa eletrônico e internet banking
<b>M4</b>	SE90 - Mainframe encarregado das rotinas das áreas de comércio exterior e agências internacionais
<b>M5</b>	SF90 - Mainframe de desenvolvimento - executa tarefas de compilação e rotinas de teste
<b>M6</b>	SG90 - Mainframe encarregado de rotinas das áreas de atendimento em agências e investimentos
<b>M7</b>	SH90 - Mainframe encarregado das rotinas do ambiente de homologação
<b>M8</b>	SJ90 - Mainframe de desenvolvimento e teste das rotinas de produção

(Fonte: Autor)

As rotinas de processamento são criadas e mantidas por profissionais denominados *Schedullers* que, através de uma linguagem própria para a criação das rotinas, denominada JCL, montam linhas de comando que têm por objetivo instruir o computador sobre os procedimentos a serem adotados para executar determinada tarefa, sendo que, cada tarefa pode utilizar mais de um computador.

As rotinas, em geral, podem depender da execução de outras rotinas existentes em outros computadores e, por esse motivo, pode haver a necessidade de que um mesmo computador seja utilizado, na mesma tarefa, mais de uma vez.

A distribuição das rotinas, que são as tarefas que cada computador deve executar e as possíveis reutilizações de um computador são mostradas no Quadro 7.

Quadro 7-Cenário básico de execução

TAREFA	CENÁRIO BÁSICO							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	X	X	X			X		
2	X		X				X	X
3	X				X			X
4	X	X	X		X	X	X	X
5			X	X		X	X	
6	XX	XX	X	XX	X		X	
7		X			X	XX		X
8	X	X		X	X		X	
9		X	X	X		X	X	
10	X	X		X	X			X

Obs.: 10 tarefas distribuídas em oito computadores. Reutilizações de um computador na mesma tarefa são demonstradas pela inserção de mais de um “X” na mesma linha-coluna do quadro.

(Fonte: Autor)

Como exemplo no Quadro 7, a reutilização de computadores, na Tarefa 6, é feita nos computadores M1, M2 e M4 e, na Tarefa 7, o computador 6 (M6), tem que ser utilizado, na execução da rotina, em mais de uma oportunidade.

Na substituição de computadores deve ser observada a configuração que o computador substituto possui, pois, embora sejam equipamentos semelhantes, os dispositivos de entrada e saída, assim como os recursos disponíveis podem ser diferentes, inviabilizando a substituição.

O Quadro 8 mostra as possibilidades de cenários alternativos quando houver a sobrecarga de um determinado computador (SC indica sobrecarga). Esses cenários já consideram as configurações adequadas para cada substituição.

Quadro 8-Cenários alternativos contemplando sobrecarga de computadores

TAREFA	CENARIOS ALTERNATIVOS							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	SC	X	X			X	S	S
2	X		SC	S	S	S	X	X
3	X				X			X
4	X	SC	X		X	X	X	X
5		S	X	SC		X	X	S
6	XX	XX	X	XX	SC	S	X	
7		X			X	XX		X
8	X	X		X	X	S	SC	
9	S	X	X	X	S	SC	X	
10	X	X		X	X	S		SC

LEGENDA	
SC	COMPUTADOR COM SOBRECARGA
X	COMPUTADOR QUE PODE SUBSTITUIR, OCUPADO NA MESMA TAREFA
S	COMPUTADOR QUE PODE SUBSTITUIR, OCUPADO EM OUTRA TAREFA

(Fonte: Autor)

Como exemplo, pode-se considerar o cenário de sobrecarga do computador 1 na tarefa 1: neste caso, ela pode ser substituída pelo computador 6, que já faz parte da tarefa ou, pelos computadores 7 e 8, que não fazem parte da tarefa. No cenário de sobrecarga do computador 3 na tarefa 2, os computadores que podem substituí-lo são somente os computadores 4, 5 ou 6, que não fazem parte da tarefa e podem estar sendo utilizados em outras tarefas. É importante notar que nem todos os computadores têm as mesmas características, ou seja, determinados elementos (*softwares*, sistemas gerenciadores de bancos de dados, predisposição a linguagem, etc) podem não estar presentes em sua configuração, inviabilizando a sua utilização para tarefas que dependam da configuração correta. O Quadro 9 mostra quais substituições são possíveis.

Quadro 9-Substituições possíveis dos computadores

SC	TABELA DE SUBSTITUIÇÕES							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
M1						X	X	X
M2					X		X	X
M3				X	X	X		
M4		X						X
M5		X				X		
M6	X		X					X
M7	X	X			X	X		
M8		X		X		X		

LEGENDA	
SC	SOBRECARGA NO COMPUTADOR M <sub>n</sub>
X	COMPUTADOR QUE PODE SUBSTITUIR

(Fonte: Autor)

Além de considerar as alternativas previstas no Quadro 6, obedecendo as regras de substituição do Quadro 7, os cenários alternativos criados também consideram a regra de sequenciamento adotada: **FIFO**, **LIFO**, **SPT** e **LPT**. Assim, foram definidos 12 cenários alternativos, considerando a sobrecarga de um computador do *Datacenter*.

O Quadro 10 mostra o planejamento dos cenários alternativos. A primeira coluna (CENÁRIO/ TAREFA) traz a identificação do cenário alternativo. O CENÁRIO é representado pela letra “C” seguida por um número sequencial e o número da tarefa. Por exemplo, C1-1, indica que é o Cenário 1 da tarefa 1.

As colunas nomeadas de M1 até M8 identificam os computadores, e a coluna DEFINIÇÃO, possui uma explicação sobre a condição de execução do cenário e da regra de sequenciamento utilizada. Nas colunas que identificam os computadores,



anotação SC, indica um cenário alternativo de sobrecarga e, portanto, parte da execução da tarefa deverá ser realizada por outro computador. O computador que será utilizado em sua substituição estará marcado como “X”. Como cada computador pode ter mais que um computador para substituí-lo, e que pode não fazer parte da tarefa, como descrito no cenário básico, os computadores que poderão fazer a substituição, e que se encontram no processamento de outra (s) tarefa (s) estão marcados como “S”.

Quadro 10-Cenários alternativos propostos

CENÁRIOS ALTERNATIVOS PROPOSTOS									DEFINIÇÃO
CENÁRIO/ TAREFA	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
C1-1	SC	X	X			X			Simulação de sobrecarga do computador 1 com substituição pelo computador 6 (FIFO)
C2-1	SC	X	X			X			Simulação de sobrecarga do computador 1 com substituição pelo computador 6 (LIFO)
C3-1	SC	X	X			X			Simulação de sobrecarga do computador 1 com substituição pelo computador 6 (SPT)
C4-1	SC	X	X			X			Simulação de sobrecarga do computador 1 com substituição pelo computador 6 (LPT)
C5-1	SC	X	X			X	S		Simulação de sobrecarga do computador 1 com substituição pelo computador 7 (FIFO) - sendo utilizado por outra tarefa (concorrência)
C6-1	SC	X	X			X	S		Simulação de sobrecarga do computador 1 com substituição pelo computador 7 (LIFO) - sendo utilizado por outra tarefa (concorrência)
C7-1	SC	X	X			X	S		Simulação de sobrecarga do computador 1 com substituição pelo computador 7 (SPT) - sendo utilizado por outra tarefa (concorrência)

Quadro 10 – Cenários alternativos propostos (Continuação)

CENÁRIOS ALTERNATIVOS PROPOSTOS									DEFINIÇÃO
CENÁRIO/ TAREFA	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
C8-1	SC	X	X			X	S		Simulação de sobrecarga do computador 1 com substituição pelo computador 7 (LPT) - sendo utilizado por outra tarefa (concorrência)
C9-1	SC	X	X			X		S	Simulação de sobrecarga do computador 1 com substituição pelo computador 8 (FIFO) - sendo utilizado por outra tarefa (concorrência)
C10-1	SC	X	X			X		S	Simulação de sobrecarga do computador 1 com substituição pelo computador 8 (LIFO) - sendo utilizado por outra tarefa (concorrência)
C11-1	SC	X	X			X		S	Simulação de sobrecarga do computador 1 com substituição pelo computador 8 (SPT) - sendo utilizado por outra tarefa (concorrência)
C12-1	SC	X	X			X		S	Simulação de sobrecarga do computador 1 com substituição pelo computador 8 (LPT) - sendo utilizado por outra tarefa (concorrência)

(Fonte: Autor)

### 3.7 EXECUÇÃO DAS SIMULAÇÕES

As simulações dos modelos criados para cada cenário alternativo, conforme mostrado no Quadro 10, foram conduzidas no *software* Arena versão *Student*, ou seja, uma versão acadêmica do produto, que possui limitações quanto ao número de entidades criadas em cada simulação. Por esse motivo, não é possível recriar um ambiente com a demanda real de um *Datacenter*, mas é possível criar modelos e simulações para demonstrar como os objetivos propostos neste trabalho podem ser alcançados.

Para cada cenário 10 replicações da simulação foram realizadas, isto é, a execução do modelo é repetida dez vezes. São apresentados resultados dos valores dos critérios em cada cenário e o valor médio das dez replicações realizadas.

Para cada simulação executada um relatório é emitido pelo *software* Arena, do qual são coletadas as informações referentes aos critérios de avaliação dos cenários: *makespan*, tempo total de atraso e número de tarefas atrasadas, conforme ilustrado na Figura 16. Os valores em destaque na Figura 16 são armazenados em uma base de dados correspondente ao cenário e são utilizados posteriormente na escolha do melhor cenário alternativo com base no método de Análise de decisão multicritério AHP.

Figura 16-Relatório emitido pelo *software* Arena.

ARENA Simulation Results	
Luiz - License: STUDENT	
Summary for Replication 1 of 10	
Project: Regras de Sequenciamento Prioridade1	Run execution date : 5/22/2015
Analyst: José Luiz Rodrigues Jr.	Model revision date: 5/22/2015
Replication ended at time : 480.0 Minutes (Friday, May 22, 2015, 09:39:47)	
Base Time Units: Minutes	
TALLY VARIABLES	
Identifier	Average
Makespan	126.89
COUNTERS	
Identifier	Count
Tempo Total de Atraso	7118
COUNTERS	
Identifier	Count
Numero de trabalhos atrasados	56
Tempo Total de Atraso	6515

Obs: Destaque para os critérios de avaliação dos cenários.

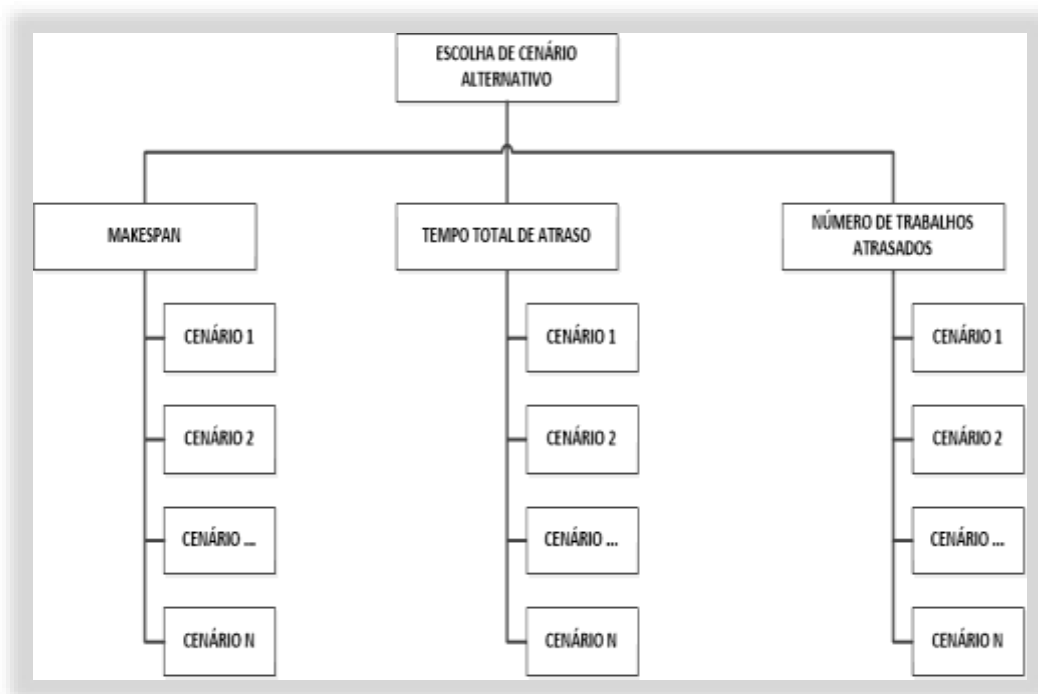
(Fonte: Autor)

### 3.8 APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP

A utilização do método AHP neste trabalho é conduzida com base nos dados colhidos nas simulações realizadas nos modelos desenvolvidos no *software* Arena.

Como primeira atividade para a utilização do método, é necessário que se identifique a hierarquia do modelo, que é composta pelo objetivo global, critérios e alternativas, possibilitando que seja realizada a escolha. A Figura 17 mostra a hierarquia para o trabalho em questão.

Figura 17-Modelo hierárquico aplicado ao método AHP.



(Fonte: Autor)

#### 3.8.1 Escolha dos critérios

Os critérios escolhidos são: *Makespan*, Tempo Total de Atraso e Número de Trabalhos Atrasados. Tais critérios foram determinados em função dos mesmos já fazerem parte do modelo de Silva (2011) e por satisfazem as necessidades do modelo e dos objetivos indicados para este trabalho. Cada critério tem um grau de importância em relação ao objetivo geral e são justificados abaixo:

- a) **Makespan**: O tempo total de processamento, no presente caso, é considerado o mais importante, pois o objetivo é fazer com que o cenário alternativo escolhido execute as tarefas no menor tempo possível;
- b) **Tempo Total de Atraso**: É considerado o critério de menor peso dos três, pois o tempo de atraso já se encontra embutido no tempo total de processamento;
- c) **Número de Trabalhos Atrasados**: É o segundo critério em ordem de importância. A quantidade de trabalhos que deixam de ser executados é importante para que não haja um acúmulo de tarefas a serem executadas.

### 3.8.2 Matriz recíproca

Como explicado, a aplicação do método AHP é realizada a partir da adoção de determinados critérios que devem estar embasados para o seu entendimento. O primeiro desses critérios é o do julgamento paritário, isto é, as alternativas são comparadas em pares e os julgamentos obedecem a teoria da matriz recíproca. A Figura 18 exemplifica a matriz recíproca.

Figura 18-Matriz recíproca do método AHP.

		CRITÉRIOS		
CRITÉRIOS		MKP	TTA	NTA
	MKP	1	5	7
	TTA	1/5	1	3
	NTA	1/7	1/3	1

(Fonte: Autor)

#### 4. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

Os resultados das replicações, separados por critério de avaliação, e com as médias, são apresentados no Quadro 11.

Quadro 11-Valores obtidos das simulações com as respectivas médias por critério

MÉDIAS DOS EXPERIMENTOS POR CENÁRIO EXECUTADO - CENÁRIOS DE SOBRECARGA DA MÁQUINA 1											
	MKP	TTA	NTA		MKP	TTA	NTA		MKP	TTA	NTA
C1	99	5102	61	C2	61	2327	59	C3	113	5671	55
	97	5790	69		70	3751	68		114	5582	60
	117	6461	64		57	2234	63		120	6377	63
	121	5452	51		44	1281	51		107	5634	65
	118	6395	65		74	3263	53		137	7459	62
	129	6893	59		50	1606	53		121	6386	59
	134	7136	59		67	2683	54		137	6462	51
	102	4841	57		61	2235	51		78	3477	55
	106	5078	56		51	1879	61		156	6575	46
	104	5958	67		65	3013	62		116	5869	57
MÉDIAS	113	5911	60,8	MÉDIAS	60	2427	57,5	MÉDIAS	120	5949	57,3
	MKP	TTA	NTA		MKP	TTA	NTA		MKP	TTA	NTA
C5	130	6155	55	C6	53	2055	60	C7	130	6155	55
	119	6254	60		66	3305	60		119	6254	60
	106	4810	54		54	2118	59		106	4810	54
	100	4777	52		65	3101	63		100	4777	52
	84	3425	51		54	2333	66		84	3425	51
	106	4983	60		51	1713	53		106	4983	60
	104	4655	46		58	2504	58		104	4655	46
	120	6670	64		56	2659	73		120	6670	64
	112	5002	50		66	3081	66		112	5002	50
	84	4867	69		51	2045	56		84	4867	69
MÉDIAS	107	5160	56,1	MÉDIAS	57,4	2491	61,4	MÉDIAS	107	5160	56,1
	MKP	TTA	NTA		MKP	TTA	NTA		MKP	TTA	NTA
C9	110	4136	35	C10	58	1995	41	C11	110	4136	35
	79	3426	34		50	1618	45		79	3426	34
	113	4657	40		47	1199	36		113	4657	40
	93	3762	36		32	526	33		93	3762	36
	97	3453	32		39	1003	36		97	3453	32
	123	5038	35		34	710	30		123	5038	35
	137	5320	41		45	1075	40		137	5320	41
	109	5260	48		34	490	32		109	5260	48
	100	3553	32		40	750	32		100	3553	32
	103	4659	43		35	666	32		103	4659	43
MÉDIAS	106	4326	37,6	MÉDIAS	41,4	1003	35,7	MÉDIAS	106	4326	37,6

(Fonte: Autor)

Com base no que foi apresentado no capítulo anterior, são realizados os experimentos simulando a sobrecarga do computador 1 e a sua substituição por outros computadores, a saber, computador 6, computador 7 e computador 8, com

quatro variações de cenário para cada computador, para contemplar as regras de sequenciamento, perfazendo o total de 12 cenários possíveis.

Para os cenários que foram executados os valores estão dispostos em uma planilha Excel, indicando os 12 cenários, nomeados de C1 a C12. Para cada cenário obtêm-se a média aritmética simples de cada critério, que será utilizada nas etapas posteriores para a escolha do cenário alternativo vencedor.

É interessante notar que nas simulações os valores dos critérios de determinados cenários são idênticos. É o que ocorre com C3 e C4; C5, C7 e C8; C9, C11 e C12. Observa-se nesses casos que as regras de sequenciamento pouco interferem, provavelmente, devido ao baixo tempo de processamento. Tal situação deve ser mais bem investigada em trabalhos futuros, pois se encontra fora do escopo deste trabalho.

Também é importante verificar que, com um número reduzido de cenários, critérios e tarefas como o apresentado, torna-se relativamente simples visualizar qual a melhor opção, entretanto, em situações reais, com mais critérios e tarefas, o número de cenários tende a crescer de forma exponencial, tornando escolha pela simples visualização impossível.

#### 4.1 ESCOLHA DO MELHOR CENÁRIO (MÉTODO DE ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO)

Com base no experimento realizado, foi feita a escolha do melhor cenário para substituir o computador 1, dentro dos parâmetros estabelecidos.

As atividades executadas para que a análise de decisão multicritério com base no método AHP, foram realizadas em planilha Excel. Todos os cálculos foram baseados nos conceitos do método e os resultados são mostrados a seguir:

- a) **Matriz recíproca** – Definição dos pesos dos critérios em relação à meta global. A Figura 19 mostra a matriz recíproca criada para este trabalho e a

identificação dos nomes dos critérios. Os valores, em destaque, atribuídos aos critérios têm por base a expertise do autor em relação ao assunto.

Figura 19-Matriz recíproca criada para os experimentos.

		CRITÉRIOS		
CRITÉRIOS		MKP	TTA	NTA
	MKP	1	5	7
	TTA	1/5	1	3
	NTA	1/7	1/3	1

LEGENDA	MKP	MAKESPAN
	TTA	TEMPO TOTAL DE ATRASO
	NTA	NÚMERO DE TRABALHOS ATRASADOS

(Fonte: Autor)

A matriz apresentada na Figura 19 tem três critérios de avaliação que devem ser comparados dois a dois. Evidentemente, todos os critérios não têm o mesmo grau de importância. Assim, os critérios são valorizados de acordo com a percepção, experiência e bom-senso do tomador de decisão. A leitura da matriz apresentada ocorre da seguinte maneira: As combinações do critério com ele mesmo têm valor 1, pois indica a equivalência do critério. No exemplo, o critério 1 (MKP) está com valor 5. Ao ser comparado ao critério 2 (TTA), indica que a importância de TTA em relação a MKP é 1 sobre 5, ou seja, o critério MKP é cinco vezes mais importante do que o critério TTA. Da mesma forma, o critério TTA, em relação a NTA. Segundo a leitura, TTA é três vezes mais importante do que NTA.



- b) **Vetores** – O quadro 12 mostra os valores para cálculo do índice de consistência e razão de consistência.

Quadro 12-Valores dos vetores e razão de consistência do modelo

<b><math>\lambda</math>-max</b>	<b>3,1115</b>
<b>ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA</b>	<b>0,0557319</b>
<b>RAZÃO DE CONSISTÊNCIA</b>	<b>0,0960894</b>
<b>9,6%</b>	
<b>CRITÉRIOS OK!</b>	

O valor encontrado para a razão da consistência está dentro dos parâmetros definidos como aceitáveis, ou seja, encontra-se abaixo de 10%.

- c) **Matriz de julgamentos** - Tomando por base as médias obtidas na execução das simulações dos cenários, e realizando o cálculo da harmonização e posterior normalização desses valores, é obtida a matriz que servirá para a realização dos julgamentos, conforme mostra o Quadro 13.

Quadro 13-Harmonização e normalização dos valores das médias das simulações

Cenário / critério	MKP	H-MKP	N-MKP	TTA	H-TTA	N-TTA	NTA	H-NTA	N-NTA
C1	112,7	10,20	6,33	5910,6	8,83	11,33	60,8	10,05	9,95
C2	60	19,17	11,89	2427,2	21,50	4,65	57,5	10,63	9,41
C3	119,9	9,59	5,95	5949,2	8,77	11,40	57,3	10,66	9,38
C4	119,9	9,59	5,95	5949,2	8,77	11,40	57,3	10,66	9,38
C5	106,5	10,80	6,70	5159,8	10,11	9,89	56,1	10,89	9,18
C6	57,4	20,03	12,43	2491,4	20,95	4,77	61,4	9,95	10,05
C7	106,5	10,80	6,70	5159,8	10,11	9,89	56,1	10,89	9,18
C8	106,5	10,80	6,70	5159,8	10,11	9,89	56,1	10,89	9,18
C9	106,4	10,81	6,71	4326,4	12,06	8,29	37,6	16,25	6,15
C10	41,4	27,78	17,23	1003,2	52,02	1,92	35,7	17,12	5,84
C11	106,4	10,81	6,71	4326,4	12,06	8,29	37,6	16,25	6,15
C12	106,4	10,81	6,71	4326,4	12,06	8,29	37,6	16,25	6,15
$\Sigma$	1150	161,19	100	52189,4	187,38	100	611,1	150,52	100

(Fonte: autor)

- d) **Matriz de decisão** - A matriz de decisão engloba os cálculos que culminam com a valorização do vetor de decisões, indicando qual o cenário vencedor, ou seja, qual o cenário que tem melhores chances para promover a substituição do computador com sobrecarga. Os valores resultantes e apresentados no Quadro 14 indicam o cenário 1 (C1) como sendo aquele que possui melhores condições para a substituição, contudo, é importante salientar que essa seleção está baseada na premissa de que o critério *Makespan* tem o maior peso. Caso os pesos dos critérios sofram alterações, esses valores tendem a ser diferentes e o cenário vencedor pode mudar radicalmente.

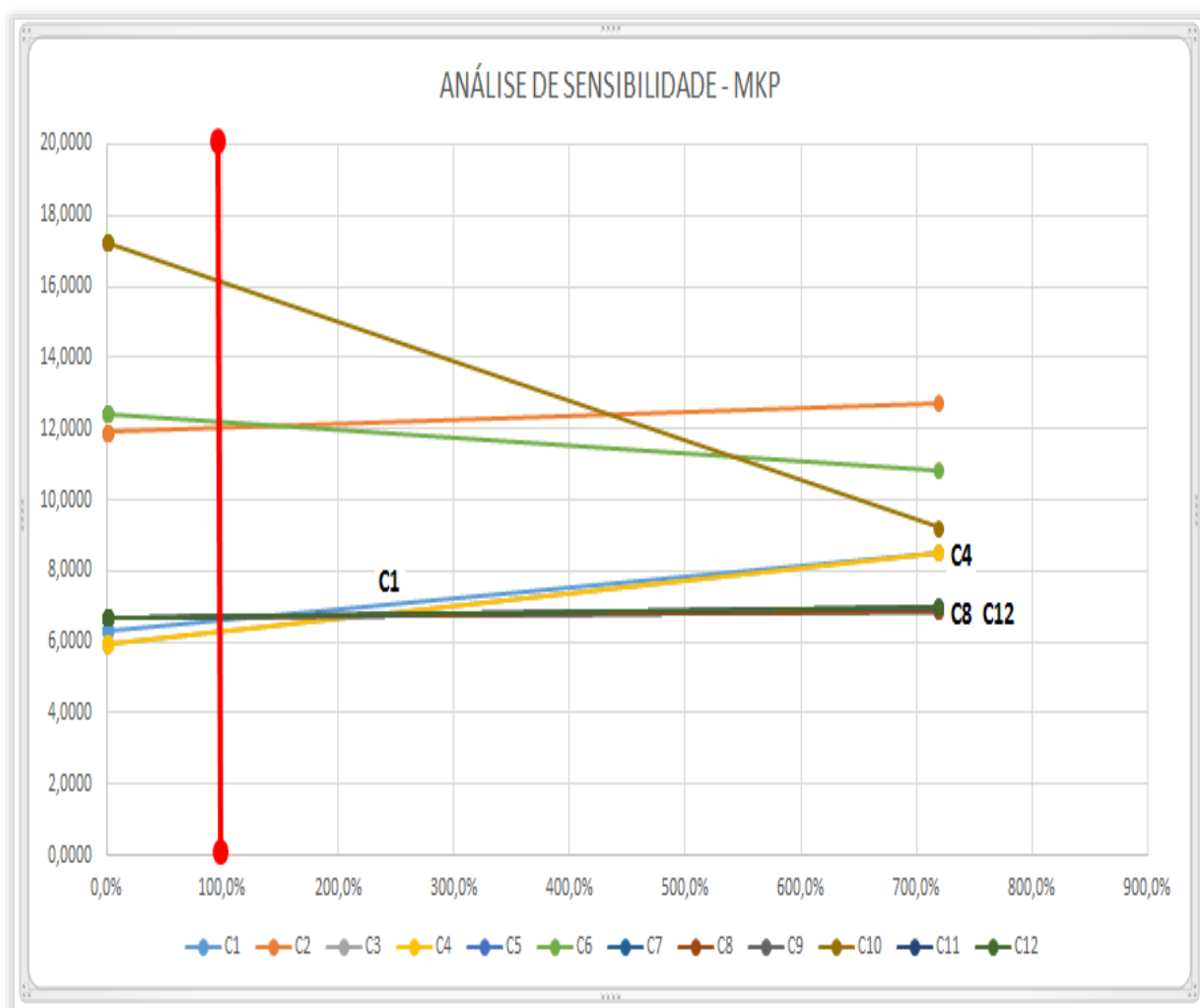
Quadro 14-Matriz de decisão

CENÁRIOS	CRITÉRIOS			VETOR DECISÃO
	MKP	TTA	NTA	
	VETORES NORMALIZADOS			
	7,19	27,90	64,91	
C1	6,33	11,33	9,95	10,07
C2	11,89	4,65	9,41	8,26
C3	5,95	11,40	9,38	9,69
C4	5,95	11,40	9,38	9,69
C5	6,70	9,89	9,18	9,20
C6	12,43	4,77	10,05	8,75
C7	6,70	9,89	9,18	9,20
C8	6,70	9,89	9,18	9,20
C9	6,71	8,29	6,15	6,79
C10	17,23	1,92	5,84	5,57
C11	6,71	8,29	6,15	6,79
C12	6,71	8,29	6,15	6,79
PIOR CENÁRIO				5,57
MELHOR CENÁRIO				10,07

(Fonte: Autor)

- e) **Análise de sensibilidade** – Critério MKP (*Makespan*) – No caso do experimento realizado neste trabalho, para o critério *Makespan*, a sensibilidade mostra que variações nos valores, a partir de 100%, podem provocar a alteração do cenário vencedor. Com uma variação de, aproximadamente 100%, vários outros cenários seriam melhores do que o cenário C1. O gráfico 1 mostra os efeitos dessa variação.

Gráfico 1-Análise de sensibilidade do critério *Makespan*.

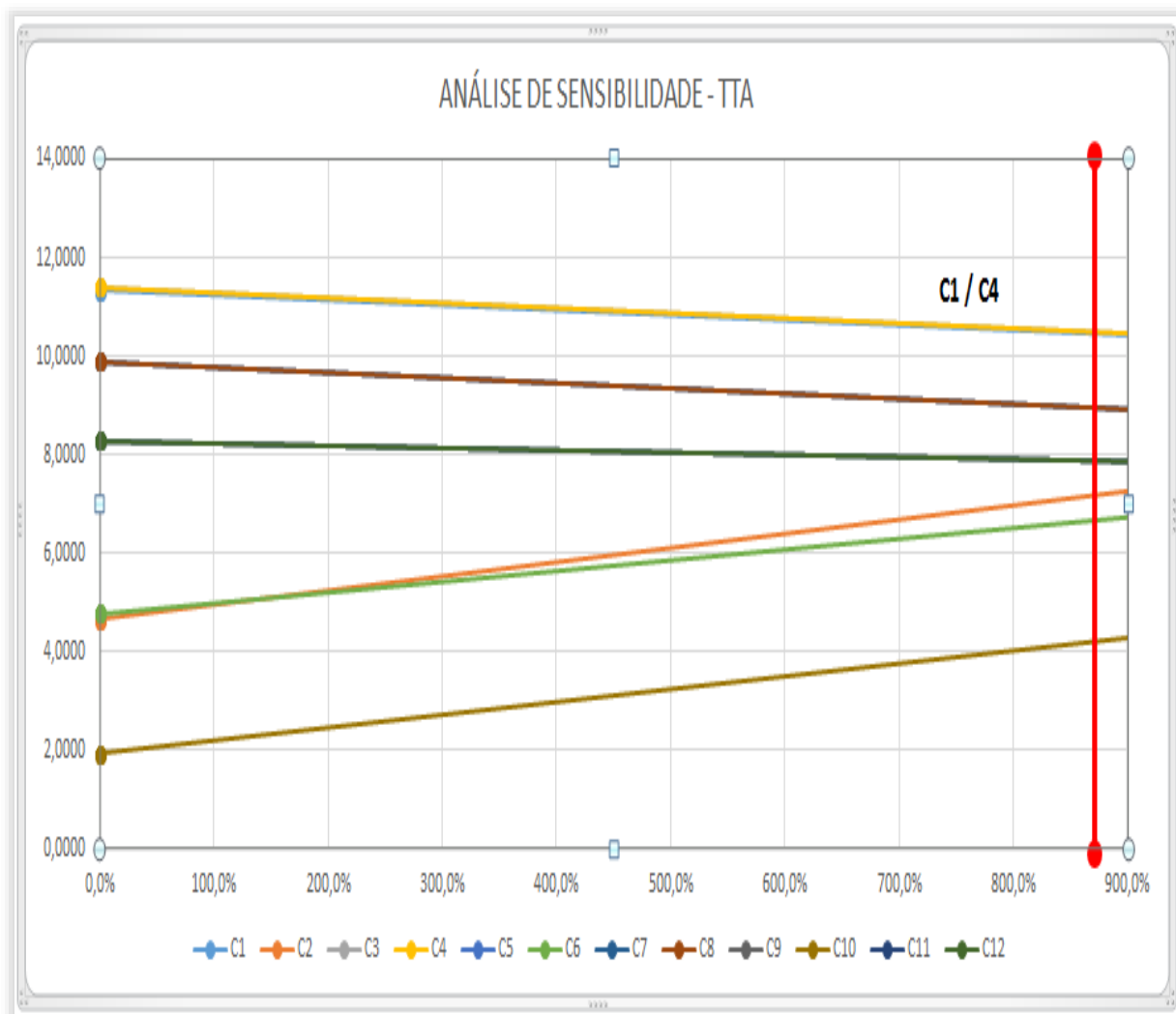


(Fonte: Autor)

- f) **Análise de sensibilidade** – Critério TTA (Tempo Total de Atraso) – Para este critério, a sensibilidade é bem menor, ou seja, o gráfico mostra que mesmo variações acima de 900% nos seus valores, ainda manteriam o cenário 1 (C1), como vencedor, porém, o cenário 4 (C4) se manteria

paralelamente a ele. No gráfico 2, podem ser visualizados os efeitos da Análise de sensibilidade em TTA.

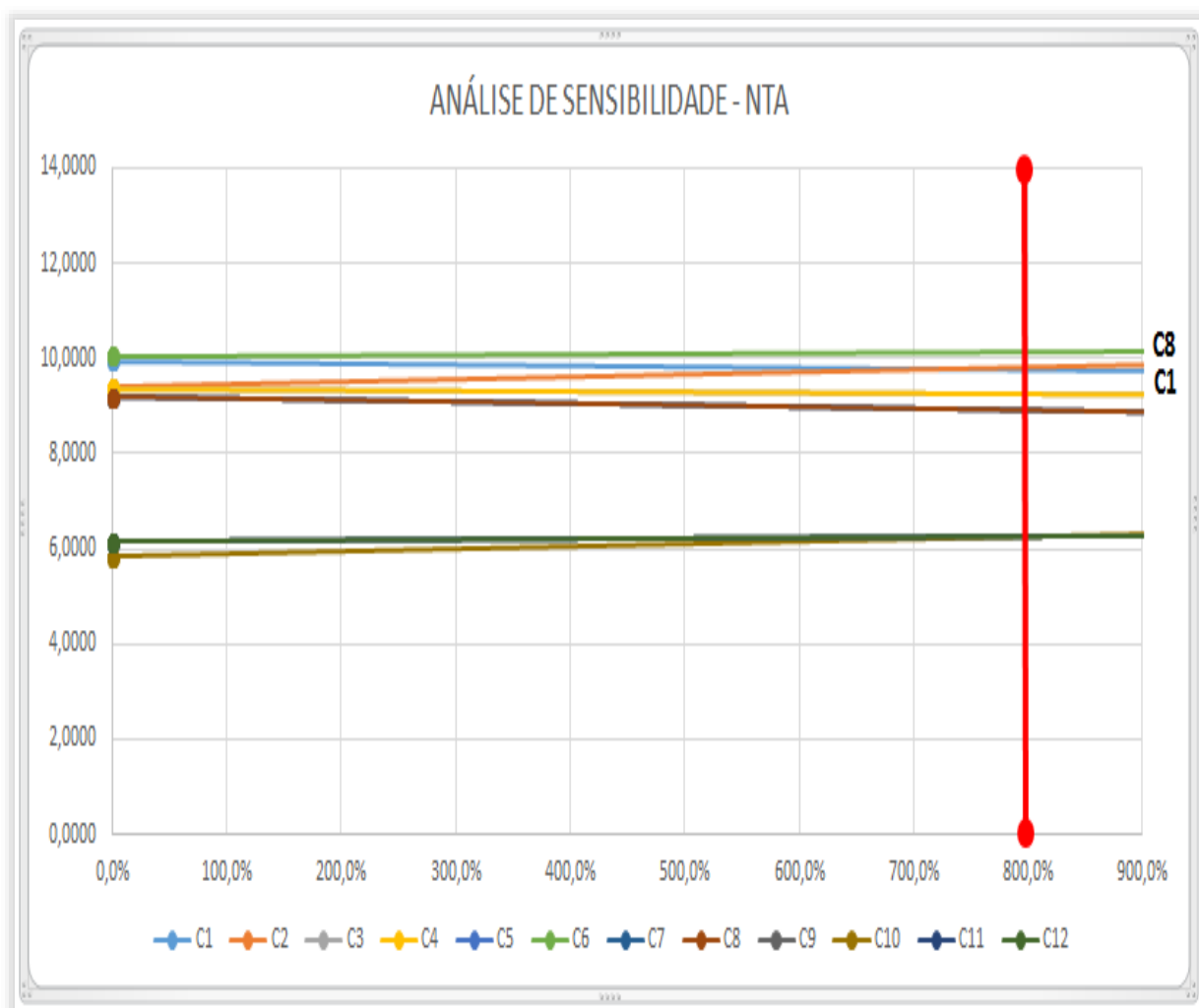
Gráfico 2-Análise de sensibilidade do critério Tempo total de atraso.



(Fonte: Autor)

- g) **Análise de sensibilidade** – Critério NTA (Número de Tarefas atrasadas) – Para este critério, o gráfico mostra que variações maiores que 800% podem provocar a alteração do cenário vencedor. Neste caso, o cenário 8 (C8) passaria a ser o vencedor. No gráfico 3, podem ser visualizados os efeitos da Análise de sensibilidade em NTA.

Gráfico 3-Análise de sensibilidade do critério Número de tarefas atrasadas.



(Fonte: Autor)

## 5. CONCLUSÃO

Neste capítulo são apresentadas as conclusões a respeito da proposta apresentada para esta dissertação. São apresentadas também, sugestões para trabalhos futuros.

Com relação ao objetivo geral, a aplicação da análise de decisão multicritério nos resultados da simulação de cenários alternativos modelados no *software* Arena, mostrou-se possível para que um novo sequenciamento de tarefas seja implementado visando resolver o problema da sobrecarga em computadores de um *Datacenter*.

Com relação aos objetivos específicos, baseado em trabalho anterior, foi possível criar um modelo de simulação, identificado como um cenário básico, para a execução de um total de dez tarefas previamente definidas e distribuídas em oito computadores.

A alteração dos dados nos módulos do *software* Arena para o presente trabalho em relação ao trabalho que serviu como base se deu nos seguintes parâmetros:

- Tempo entre chegadas de tarefas, que passou para um valor menor do que havia sido definido no modelo original (De 11,3 para 5 minutos). Tal diminuição de tempo foi necessária devido à maior demanda que pode existir em um *Datacenter*. É importante frisar que o tempo atribuído deveria ser ainda menor, provavelmente da ordem de 1 minuto, entretanto, a versão utilizada do *software* Arena, por possuir limitações, não permitiu;
- As tarefas que chegam a determinados períodos de tempo também sofreram alteração, principalmente na forma, que passou a ser em lotes ao invés de unitária, ou seja, a cada período de tempo definido no parâmetro Tempo entre chegadas, um determinado número de tarefas chegam simultaneamente;
- As regras de sequenciamento foram alteradas para cada tipo de cenário de troca de computador. As simulações utilizaram diferentes regras de

sequenciamento procurando identificar se essa mudança poderia trazer algum benefício no desempenho. Como os tempos de processamento são pequenos, as mudanças das regras de sequenciamento tiveram pouca ou nenhuma influência no resultado final.

- Os tempos de processamento foram alterados procurando se aproximar dos tempos reais para a execução de tarefas em um computador. Foram administrados tempos para todas as tarefas em todos os computadores. Com o objetivo de provocar a sobrecarga, os tempos de processamento do computador 1 foram superdimensionados em 300% para todas as tarefas que o utilizavam.

As alterações nesses parâmetros permitiram a modelagem e simulação computacional dos cenários alternativos. Com os resultados das simulações, foi possível, utilizando o método de decisão multicritério AHP determinar o melhor cenário alternativo para o sequenciamento das tarefas nos computadores nos casos de sobrecarga de tarefas.

Embora tenha sido realizado o experimento simulando a sobrecarga de somente uma máquina específica, no caso, a máquina número 1, e havendo a possibilidade de substituição por uma de três outras máquinas, doze cenários foram criados para verificar qual desses cenários apresentava a melhor condição de desempenho.

Mesmo com as limitações impostas pela versão utilizada do *software* Arena, é possível concluir que as técnicas utilizadas nesta dissertação podem ser aplicadas em situações de sobrecarga em computadores e que o resultado obtido satisfaz a necessidade de realizar um novo sequenciamento de tarefas visando eliminar a sobrecarga de um computador.

## 5.1 SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DA PESQUISA

A continuidade desta pesquisa pode ser direcionada para as seguintes opções:

- Utilização de critérios diferentes aos propostos, incluindo-se valores mais subjetivos, como por exemplo, criticidade de execução do serviço;
- Utilização de outro método de decisão multicritério;
- Comparação entre métodos de decisão multicritério;
- Acoplamento de métodos de otimização para buscar a solução de cenário ótimo;
- Realizar os mesmos experimentos com a versão profissional do *software* Arena, diminuindo os tempos de chegada para um nível mais próximo da realidade.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. T. **Processo de decisão nas organizações: Construindo modelos de decisão multicritério**. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2013. 256 p.

ALMEIDA, A.T.; COSTA, A. P. C. S. Modelo de decisão para priorização no Planejamento de Sistemas de Informação Com base no método Prometheé. **Gestão & Produção**, São Paulo, v. 9, n. 2, p.201-214. 2002.

ANDRADE FILHO, J. M.; SOBRAL, M. F. F.; COSTA, A. P. C. **Modelo baseado no ELECTRE I e Balanced Scorecard para seleção de processo BPM**. XLIII Simpósio brasileiro de Pesquisa Operacional. Ubatuba, SP, Brasil, 15 a 18 de Agosto de 2011.

ANGELONI, M. T. Elementos intervenientes na tomada de decisão. *Ci. Inf.*, Brasília, v. 32, n. 1, p. 17-22, jan./abr. 2003.

AQUARONI, L. M.; CAZARINI, E. W. **Fatores chave de sucesso aplicados ao processo decisório organizacional com o uso do SAD**. ENEGEP, XXI, Engineering and Operational Management. Salvador-BA, 2001.

ARANGO, J.A.; GIRALDO, J.A.; CASTRILLÓN, O.D. Programación de Máquinas Paralelas no Relacionadas con Tiempos de Montaje dependientes de la Secuencia y Entrada Dinámica usando Algoritmos Genéticos. **Información Tecnológica**, Manizales-Colômbia, v. 24, n. 3. 2013.

ARAÚJO, S.; CORRÊA, V. A.; NUNES, L. E. N. P. Análise do comportamento da demanda com abordagem de cenários simulados no setor automobilístico. **Exacta – EP**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 59-76. 2013.

ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C.; GOMES, L. F. A. M. **Tomada de decisão em cenários complexos: Introdução aos métodos discretos de apoio multicritério à decisão**. 2. ed. São Paulo: Pioneira Thompson Learning. 2004. 168 p.

BANA E COSTA, C. A.; DE CORTE, J. VANSNICK, J. M-Macbeth – Guia do utilizador. Disponível em:

<[http://www.m-macbeth.com/help/pdf/M-](http://www.m-macbeth.com/help/pdf/M-MACBETH%20Guia%20do%20utilizador.pdf)

MACBETH%20Guia%20do%20utilizador.pdf> . Acesso em: 20/04/2015. 01:32:40.

BAGDASARYAN, A. Discrete dynamic simulation models and technique for complex control systems. **Simulation Modelling Practice and Theory**, n. 19, p. 1061–1087. 2011.

BAKER, K. R. **Introduction to sequencing and scheduling**. 1 ed. New York: John Wiley and Sons. 1974. 305 p.

BEKKER, J.; ENGELBRECHT, L. A decision support model for passenger capacity design of BRT station. **South African Journal of Industrial Engineering**, v. 23, p. 162-177. 2012.

BIN, D; CASTOR, B. V. J. Racionalidade e Política no Processo Decisório: Estudo sobre Orçamento em uma Organização Estatal. **RAC - Revista de Administração Contemporânea**, v. 11, n. 3, p. 35-56, Jul./Set. 2007.

BLAHA, M; RUMBAUGH, J. **Modelagem e projetos baseados em objetos com UML**. 2. 2 ed. Rio de Janeiro: Campus. 2006. 576 p.

BUARQUE, S. Metodologias e Técnicas de Construção de Cenários Globais e Regionais, TD 939. **IPEA**, Brasília, 2003.

CASTILLA, I; GARCÍA, F.C.; AGUILAR, R.M. Exploiting concurrency in the implementation of discrete event simulator. **Simulation Modelling Practice and Theory**, n. 17, p. 850–870. 2009.

CAVALHEIRO, E; FELLOWS FILHO, L. Cenários estratégicos: Uma aplicação na área de biotecnologia. **Future Studies Research Journal**. São Paulo, v. 3, n. 1, p. 02-13,

Jan./Jul. 2011.

CERUZZI, P. E. **A history of modern computing**. 2. ed. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2003. 228 p.

CHAMOVITZ, I.; SABBADINI, F.S.; OLIVEIRA, M.J.F. A utilização da simulação baseada na Web para o estudo de processos operacionais. **Revista Produção Online**. Santa Catarina, v. 8, n. 4. p. 148-235, 2008. Disponível em: <<http://producaoonline.org.br/index.php/rpo/article/viewFile/148/235>>. Acesso em: 25/01/2015. 16:45:30.

CHOO, C. W. **A organização do conhecimento: como as organizações usam a informação para criar significado, construir conhecimento e tomar decisões**. São Paulo: SENAC. 2006. 425 p.

CLEMEN, Robert T. **Making hard decisions: an introduction to decision analysis**. 3 ed. Belmont: Duxbury Press. 1991. 322 p.

COSTA, C. A. B.; ANGULO-MEZA, L.; OLIVEIRA, M. D. O método Macbeth e aplicação no Brasil. **ENGEVISTA**, Lisboa, v. 15, n. 1, p. 3-27. 2013.

COSTA, H. G. Auxílio multicritério à decisão: método AHP. Rio de Janeiro: **ABEPRO**, 2006.

COSTA, H. G. Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio a decisão. **XXXVI – SBPO – O impacto da Pesquisa Operacional nas novas tendências multidisciplinares**, São João Del-Rei, Minas Gerais, 2004.

COSTA, M.A.B. **Apostila para simulação de sistemas**. Departamento de Engenharia de Produção. Universidade Federal São Carlos, 2002.

COSTA, T. C. da; BELDERRAIN, M. C. N. Decisão em grupo em métodos multicritério de apoio à decisão. Anais do 15º Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA – XV **ENCITA/2009**. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP, Brasil, Outubro, 19 a 22, 2009.

CRISPIN, L.; HOUSE, T. **Testing Extreme Programming**. 2 ed. New York: Addison-Wesley, 2003. 324 p.

CHWIF, L. Utilizando Simulação de Eventos Discretos em projetos de sistemas automatizados de manufatura. São Paulo. **Simulate Tecnologia de Simulação**. 1999.

CHWIF, L; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos**. 3.ed. São Paulo: Bravarte, 2010, 309 p.

DACORSO, A. L. R. Tomada de decisão e risco: a administração da inovação em pequenas indústrias químicas. São Paulo, 2000. 236 f. Dissertações (Mestrado Administração) - Universidade de São Paulo, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Departamento de Administração. USP, 2000.

De TONI, J. Cenários e Análise Estratégica: questões metodológicas. **Revista Espaço Acadêmico**, Porto Alegre, n. 59, Abril/2006.

DRUCKER, P. F. **Introdução à Administração**. 2 ed. São Paulo: Thomson Pioneira. 1998. 714 p.

EHRLICH, Pierre Jaques. **Pesquisa Operacional**: Curso Introdutório. 4 ed. São Paulo: Atlas, 1982. 452 p.

ENSSLIN, L.; SCHEID, L.C.M.; ENSSLIN, S.R.; LACERDA, R.T.O. Software process assestment and improvement using multicriteria decision aiding – construtivist.

**Journal of Information Systems and Technology Management.** Santa Catarina, v. 9, n. 3, p. 473-496, Set/Dez. 2012.

FAVARETO, F. Impacto das incertezas da previsão da demanda no planejamento detalhado da produção. **P&D em Engenharia de Produção**, Itajubá, v. 10, n. 1, p. 101-108. 2012.

FERNANDES, M.C. Um avaliador de cenários simulados para o resequenciamento da produção em sistemas automatizados de manufatura usando lógica nebulosa. 2004. 103f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Centro de ciências exatas e tecnologia – Programa de pós-graduação em Ciência da Computação, São Carlos-SP, 2004.

FORMAN, E. H.; SELLY, M. A. **Decision by Objectives**. 1 ed. New Jersey: World Scientific Pub Co. Inc. 2002. 250 p.

FRANCO-ARCEGA, A.; CARRASCO-OCHOA, J. A.; SANCHEZ-DIAZ, G; MARTINEZ-TRINIDAD, J, F. Decision tree based classifiers for large datasets. **Computación y Sistemas**, v. 17, n. 1, p. 95-102. 2013.

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas**. 2 ed. Florianópolis: Visual Books. 2008. 372 p.

FREITAS, H.; KLADIS, C. M. Da informação à política informacional das organizações: um quadro conceitual. **RAP**, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 73-86, jun./set. 1995.

GALHARDI, A. C. As técnicas de cenários prospectivos como ferramentas para a obtenção de vantagens competitivas. **Revista das Faculdades de Tecnologia e de Ciências Econômicas, Contábeis e de Administração de Empresas Padre Anchieta**, v. 13, p. 21-37. 2007.

GENC, S.; LAFORTUNE, S. Predictability of event occurrences in partially-observed discrete-event systems. **Automatica**, n. 45, p. 301-311. 2009.

GOMES, C. F. S.; SOARES, V. M. S. Metodologias de análise e estruturação de problemas para auxílio à tomada de decisão: Comparação e uma nova proposta. **Revista Pesquisa naval**, n. 14, p. 109-119. 2001.

GOMES JR., A. C. Problema de Sequenciamento em uma Máquina com Penalidades por Antecipação e Atraso: Modelagem e Resolução. 2007. 86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção / Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

GOMES, C.F.S.; COSTA, H.G. Aplicação de métodos multicritério ao problema de escolha de modelos de pagamento eletrônico por cartão de crédito. Ubatuba-SP: **XLIII-SBPO**, Ago/2012.

INFANTE, C. E. D. C.; MENDONÇA, F. M.; VALLE, R. A. B. Análise de robustez com o método ELECTRE II: O caso da região de Campo das Vertentes em Minas Gerais. São Carlos-SP. **Revista Gestão e Produção**, v. 21, n. 2, p. 245-255. 2014.

ISHIZAKA, A.; LABIB, A. Analytic Hierarchy Process and Expert Choice: Benefits and limitations. **Palgrave-Journals**, n. 22, p. 201-220. 2009.

KOUSKOURAS, G.K.; GEORGIU, A.C. A discrete event simulation model in the case of managing a software project. **European Journal of Operational Research**, n. 181, p. 374–389. 2007.

KUMAR, R. **Research methodology – a step-by-step guide for beginners**. 3 ed. London: Sage. 2011. 440 p.

LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. **Sistemas de informação Gerenciais: administrando a empresa digital**. 5 ed. São Paulo: Pearson-Prentice Hall. 2004. 584 p.

LEITE, I. M. S.; FREITAS, F. F. T. Análise comparativa dos métodos de apoio multicritério à decisão: AHP, ELECTRE e PROMETHEE. Bento Gonçalves-RS: **XXXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO**, Out/2012.

LIMA Jr, F.R.; OSIRO, L.; CARPINETTI, L.C.R. Métodos de decisão multicritério para seleção de fornecedores: um panorama do estado da arte. **Gestão e Produção**, São Carlos, v. 20, n. 4, p. 781-801. 2013.

LINDERMANN, J.; HANSEN, P.B. Utilização de métodos de apoio à decisão para decisões estratégicas: o caso da manutenção de embarcações de transporte de cargas. **RAM – revista de administração mackenzie**, v. 9, n. 2, p. 173 – 200. 2008.

MACHARIS, CATHY; SPRINGAEL, JOHAM; ET AL. PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis. Strengthening PROMETHEE with ideas of AHP. **European Journal of Operational Research**. ELSEVIER. P. 307-317. 2004.

MACROPLAN. Conceitos de Cenários. São Paulo, 2014. Disponível em <http://www.macroplan.com.br/prodcenarios.aspx>

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

MICHAELIS. Moderno dicionário da língua portuguesa. Versão eletrônica. Disponível em: <http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php?lingua=portugues-portugues&palavra=decis%E3o>. Acesso em 15/02/2015. 21:12:15.

MESQUITA, M.; COSTA, H. G.; LUSTOSA, L.; SILVA, A. S. **Planejamento e Controle da Produção**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier. 2008. 376 p.

MIETZNER, D.; REGER, G. Advantages and disadvantages of scenario approaches for strategic foresight. **Technology Intelligence and Planning**. v. 1, n. 5, p. 220-239. 2005.

MIRANDA, S.V. A gestão da informação e a modelagem de processos. **Revista do Serviço Público Brasília**, p. 97-112. 2010.

MOCCELLIN, J.V.; NAGANO, M.S. Heuristic for Flow Shop Sequencing with Separated and Sequence Independent Setup Times. **ABCM**, v. 33, n. 1. 2011.

MONTEIRO, N. A.; FALSARELLA, O. M. Gestão da Informação em Projetos Empresariais. **eGesta**. Santos, v.2, n.1, jan-mar/2006, p.78-104. Disponível em: <<http://www.unisantos.br/mestrado/gestao/egesta/artigos/56.pdf>>. Acesso em: 18/09/2013. 18:21:44.

MONTOYA-TORRES, J.R.; SOTO-FERRARI, M.; GONZÁLEZ-SOLANO, F. Production Scheduling with sequence-dependent setup and Job release times. **Dyna**, n. 163, p.260-269. 2010.

MORABITO NETO, R.; PUREZA, V. Modelagem e simulação. In: MIGUEL, P. A. C. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier. cap 8, p. 169-198. 2012.

OLIVEIRA, C. M. e CARVALHO, M.F.H. Análise de políticas de gestão em cadeias de suprimentos por modelos de simulação. **Gestão e Produção**, São Carlos, n. 3, p. 313-329. 2004.

OLIVEIRA, L. A informação como instrumento para tomada de decisão do agricultor de Giruá no Estado do Rio Grande do Sul – Brasil. 113f. Dissertação (Mestrado) –



Universidade Federal do Rio Grande Do Sul, Centro de Pesquisas em Agronegócios, Programa de Pós-Graduação em Agronegócios – Porto Alegre, 2007.

OLIVEIRA, P. R. de. **Sistemas de informações gerenciais: estratégicas, táticas e operacionais**. 14 ed. São Paulo: Atlas. 2011. 328 p.

\_\_\_\_\_. **Sistemas, organizações e métodos: uma abordagem gerencial**. 13 ed. São Paulo: Atlas, 2013. 520 p.

PARREIRAS, R. O. Algoritmos evolucionários e técnicas de tomada de decisão em análise multicritério. 2006. 166f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica). – Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

PEARL, J. **Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference**. 3 ed. San Francisco, California: Morgan Kaufmann Publishers, Inc. 1988. 307 p.

PERDIGÃO, J.G.L. FULGÊNCIO, E.V.; SOUSA, S. A. C.; MAGALHÃES NETO, J. B.; DORNELAS, J. D. Processo Decisório: Um estudo comparativo da tomada de decisão em organizações de Segmentos Distintos. **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**. Resende: Universidade Federal Fluminense, 2012, 17p.

PEREIRA, R. A.; BIANCHINI, D. Aplicação do método AHP na tomada de decisão para redução dos níveis de ação legal em telecomunicações. **REMark – Revista Brasileira de Marketing**, v. 12, n. 4, p. 153-182. 2013.

PIÑEDO, M. L. **Planning and Scheduling in manufacturing and services**. 2 ed. New York: Springer Science Business Media. 2009. 532 p.

PIZZOLATO, N. D.; VÁSQUEZ, S. G. G.; D'AVILA, S. L. G. O problema do sequenciamento de produção em uma indústria química: avaliação de uma aplicação real. **Gestão & Produção**, v. 6, n. 1, p. 16-29. 1999.

RAVETTI, M. C. Algoritmos para o problema de sequenciamento com máquinas paralelas e tempos de preparação dependentes da sequência. 2007. 115f. Tese (Doutorado em Ciência da Computação). – Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

REGO, M.F. Algoritmos Multiobjetivos para o Problema de Sequenciamento de Tarefas em Uma Máquina com Tempo de Preparação Dependente da Sequência e da Família. 2013. 76f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas / Departamento de Ciência da Computação, Universidade Federal de Ouro Preto-MG, Ouro Preto, 2013.

RODRIGUEZ, L. A. O. Métodos de solução para um problema de sequenciamento da produção com sincronismo de execução de tarefas. 2013. 136f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – UNESP, Guaratinguetá-SP, 2013.

SÁ, A. C. A.; RANGEL, J. J. A.; SHIMODA, E.; BARROSO, M. F. C. M.; DELVAUX, A. S.; SKURY, A. L. D. Simulação a eventos discretos e avaliação econômica para análise do processo de fabricação de serras diamantadas. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v. 4, n. 8, p. 188-206. 2012.

SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. **Services Sciences**, v. 1, n. 1, p. 83-98, Pittsburgh-PA. 2008.

SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. **Models, Methods, concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process**. 2 ed. Pittsburgh-PA: Springer Science and Business Media. 1991. 370 p.

SAKURADA, N; MIYAKE, D.I. Aplicação de simuladores de eventos discretos no processo de modelagem de sistemas de operações de serviços. **Gestão de Produção**, v. 16, n. 1, p. 25-43. 2009.

SALOMON, V. P.; MONTEVECHI, J. A. B.; PAMPLONA, E. O. Justificativas para aplicação do método de análise hierárquica. Rio de Janeiro - RJ. XIX ENEGEP, 1999.

SCHWARTZ, P. **A arte da visão de longo prazo**. 1. ed. São Paulo: Editora Nova Cultura. 2000. 111 p.

SILVA, A.R. Um método de análise de cenários para sequenciamento da produção usando lógica nebulosa. 2005. 92f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Centro de ciências exatas e tecnologia – Programa de pós-graduação em Ciência da Computação, São Carlos-SP, 2005.

SILVA, E. B.; COSTA, M. G.; SILVA, M. F. S.; PEREIRA, F. H. Avaliação de regras de sequenciamento da produção em ambientes job shop e flow shop por meio de simulação computacional. **Exacta**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 70-81. 2012.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4 ed. rev. atual. Florianópolis: UFSC. 2005. 138p.

SILVA, M. F. S. Abordagem para otimização multiobjetivo de regras heurísticas de sequenciamento em sistemas de manufatura job shop por meio de simulação computacional acoplada ao algoritmo genético. 2011. 114f. Dissertação (mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2011.

SIMON, H. A. **The new science of management decision**. 2 ed. New York: Harper & Row. 1960. 328 p.

STEPHEN P. R.; COULTER, M. **Administração**. 5 ed. São Paulo: Prentice Hall Interamericana. 1996. 489 p.

TEIXEIRA JR, R. F.; FERNANDES, F.C.F.; PEREIRA, N.A. Sistema de apoio à decisão para programação da produção em fundições de mercado. **Gestão & Produção**, v. 13, n. 2, p. 205-221. 2006.

TOSO, E. A. V. Dimensionamento e sequenciamento de lotes de produção na indústria de suplementos para nutrição animal. 2008. 191f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP, 2008.

TROJAN, F.; MORAIS, D.C. Using Electre Tri to support maintenance on water distribution networks. **Pesquisa Operacional**, v. 32, p. 423-442. 2012.

VARGAS, R. Utilizando a programação multicritério (Analytic Hierachy Process – AHP) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio. **PMI Global Congress 2010** – North America, Washington – DC, EUA. 2010.

ZUCCHI, W. L.; AMÂNCIO, A. B. Construindo um Datacenter. Revista USP-São Paulo. N. 97, p. 43-58. 2013