

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

**A Simulação como ferramenta de auxílio à tomada de
decisão em uma fazenda produtora de leite: Estudo de caso**

Rodolfo Samadello Ferreira

TCC-EP-91-2012

Maringá - Paraná
Brasil

Universidade Estadual de Maringá
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia de Produção

**A Simulação como ferramenta de auxílio à tomada de
decisão em uma fazenda produtora de leite: Estudo de caso**

Rodolfo Samadello Ferreira

TCC-EP-91-2012

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de
Engenharia de Produção, do Centro de Tecnologia, da
Universidade Estadual de Maringá.

Orientador (a): *Prof. Dr. Gilberto Clóvis Antonelli*

**Maringá - Paraná
2012**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho às pessoas que sempre acreditaram em meu potencial, e à todos os colegas Engenheiros de Produção.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a minha família, por todo apoio concedido durante todos os anos de graduação, nunca deixando de me apoiar, mesmo nos momentos mais difíceis, especialmente aos meus pais, Rui Ferreira e Maria Lúcia Samadello.

Aos meus amigos e colegas de sala, os quais passaram pelas mesmas dificuldades sem desistir, especialmente ao meu grande amigo Thiago Biondo Flores, que me ajudou a superar muitas delas.

Não esquecendo todos os amigos de Avaré, pois mesmo com a distância e com divergências, sempre estiveram presentes em minha vida.

Agradeço também aos meus Avôs Ary Samadello (*in memoriam*) e Marlene Pressoto, que sempre sonharam com a realização dos sonhos de sua família, e com certeza estão muito orgulhosos deste trabalho.

Por fim, agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Gilberto Clóvis Antonelli, pela paciência e compreensão nos ensinamentos, mesmo que os desafios parecessem não ter solução, e também a todos os Professores e Colaboradores do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Estadual de Maringá,

EPÍGRAFE

"Não sabendo que era impossível, foi lá e fez."
(Jean Cocteau)

RESUMO

A dificuldade do agronegócio leiteiro no Brasil vem crescendo dos anos 90 em diante, e fica cada dia mais claro, que ferramentas de apoio à tomada de decisão são importantes no auxílio de gestores e proprietários de terras. Foram feitas visitas à uma fazenda produtora de leite, para que os processos fossem mapeados e os tempos de cada um cronometrados, à fim de encontrar-se a melhor distribuição estatística para descrevê-los. Também foi visitada uma propriedade que utiliza a tecnologia de ordenha mecânica, onde houve a coleta de dados à fim de comparações. Com estes dados em mãos, foi possível simular diferentes cenários utilizando-se da ferramenta Arena, o qual disponibilizada maneiras de analisar e simular os dados. Por fim, elaborou-se uma comparação entre todos os cenários propostos, escolhendo o qual mais se destacava no requisito pré-definido, e comparando-o com a tecnologia de ordenha mecânica. O trabalho alcançou seus objetivos, pois foi capaz de mostrar a importância da simulação no processo decisório e os diferentes pontos de vista dos cenários disponíveis para o proprietário, desde a maximização de produção, como a implantação de novas tecnologias de ordenha.

Palavras-chave: Simulação, Software Arena, Ordenha Mecânica, Processo de tomada de decisão

Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Justificativa.....	2
1.2	Definição e delimitação do problema.....	2
1.3	Objetivos.....	3
1.3.1	Objetivo geral	3
1.3.2	Objetivos específicos.....	3
2	REVISÃO DE LITERATURA	5
2.3	Modelagem	8
2.4	Simulação	10
2.4.1	Aplicações da Simulação.....	11
2.4.2	Histórico dos Modelos de Simulação	12
2.4.3	Modelos de Simulação	13
2.4.4	Classificação de Modelos de Simulação	14
2.4.5	Vantagens e Desvantagens da Simulação.....	14
2.4.6	Passos na Planejamento de um Estudo envolvendo Modelagem e Simulação.....	16
2.5	O Software Arena	18
2.5.1	História	18
2.5.2	Características.....	18
2.5.3	O Ambiente de Trabalho Arena.....	19
2.5.4	Blocos básicos para Simulação.....	20
2.5.5	Módulos para Simulação	24
2.5.6	<i>Input Analyser</i>	26
3	METODOLOGIA.....	28
4	ESTUDO DE CASO	30
4.1	Produção Leiteira.....	30
4.2	Fluxograma da Produção	31
4.3	Coleta de dados.....	34
4.4	Ordenha Mecânica.....	36
4.5	Análise de Dados	37
5.	SIMULAÇÃO	41
5.1	Cenário I.....	41
5.1.2	Análise do Cenário I.....	45
5.1.3	Resultados do Cenário I.....	48
5.2	Cenário II.....	48
5.2.1	Análise do Cenário II.....	49
5.2.2	Resultados do Cenário II	50

5.3 Cenário III	51
5.3.1 Análise do Cenário III	52
5.3.2 Resultados do Cenário III	53
5.4 Comparação entre os Cenários	54
5.5 Cenário IV	54
5.5.1 Análise do Cenário IV	55
5.5.2 Resultados do Cenário IV	56
5.6 Comparação entre Cenários III e IV	57
6 CONCLUSÃO.....	58
7 REFERÊNCIAS	60

Lista de Figuras

Figura 1: Fases de um estudo de Pesquisa Operacional	6
Figura 2: Exemplos de cada tipo de decisão.....	8
Figura 3: O processo de Modelagem.....	9
Figura 4: Representação esquemática de um modelo de sistema.....	13
Figura 5: Passos em um estudo envolvendo modelagem e simulação	16
Figura 6: Estações de trabalho e opções de fluxo.....	19
Figura 7: Área de trabalho inicial do Software ARENA.....	20
Figura 8: Template de Processo Básico.....	21
Figura 9: Módulos básicos do Software ARENA	24
Figura 10: Resultado apresentado pelo Input Analyser.....	27
Figura 11: Fluxograma do processo da produção de leite	32
Figura 12: Utilização da Ferramenta Input Analyser	38
Figura 13: Histograma, expressão estatística e curva de ajuste do processo trazer bezerro.....	38
Figura 14: Histogramas de diferentes processos obtidos pelo Input Analyser.....	39
Figura 15: Módulo <i>Create</i> do Cenário I.....	41
Figura 16: Formação de Lotes para Ordenha	42
Figura 17: Alocação do processo de recolhimento dentro do sistema de simulação	42
Figura 18: Funcionamento da Janela do Módulo Process	43
Figura 19: Processo decisório para formação de filas para ordenha	44
Figura 20: Processos envolvidos na parte de ordenha do sistema.....	44
Figura 21: Etapa de armazenamento da produção de leite	45
Figura 22: Final do Processo de Simulação.....	45
Figura 23: Taxa de utilização de recursos – Cenário I	46
Figura 24: Dados estatísticos do Cenário I.....	47
Figura 25: Número médio de animais aguardando.....	47
Figura 26: Módulo de decisão do Cenário II.....	49
Figura 27: Dados estatísticos do Cenário II.....	50
Figura 28: Taxa de Utilização dos Recursos - Cenário II.....	50
Figura 29: Módulo <i>Create</i> do Cenário III.....	51
Figura 30: Dados estatísticos do Cenário III	52
Figura 31: Taxa de utilização de recursos - Cenário III	53
Figura 32: Processo de Ordenhar no Cenário IV.....	55
Figura 33: Dados estatísticos do Cenário IV	56
Figura 34: Taxa de utilização de recursos - Cenário IV	56

Lista de Tabelas

Tabela 1: Confronto dos resultados de Produção animal dos Censos Agropecuários - São Paulo	1
Tabela 2: Produção de leite na Fazenda São Pedro – Jun/2012	31
Tabela 3: Cronometragens dos processos mais executados	35
Tabela 4: Cronometragens dos processos menos executados	35
Tabela 5: Dados de Produção coletados de cada animal na Fazenda São Pedro.....	36
Tabela 6: Cronometragens dos processos menos executados	37
Tabela 7: Distribuições estatísticas, expressões e erro de cada processo	40
Tabela 8: Dados do Cenário I.....	45
Tabela 9: Resultados do Cenário I.....	48
Tabela 10: Dados do Cenário II.....	49
Tabela 11: Resultados do Cenário II	51
Tabela 12: Dados do Cenário III	52
Tabela 13: Resultados do Cenário III.....	53
Tabela 14: Comparação entre os Cenários I, II e III	54
Tabela 15: Dados do Cenário IV	55
Tabela 16: Resultados do Cenário IV	57
Tabela 17: Comparação entre os Cenários III e IV	57

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio de leiteiro no Brasil passou por uma grande mudança na última década, como o aumento da produção e maior exigência de qualidade por parte dos órgãos reguladores.

No Estado de São Paulo, de acordo com Censo Agropecuário Brasileiro (IBGE 2006), observou-se uma queda de aproximadamente 550 milhões de litros de leite na produção dos últimos 10 anos, a qual pode ser observada na Tabela 1, causados em maior parte pelas dificuldades impostas aos pequenos produtores leiteiros, desmotivados com os baixos preços e aumento de custos de produção.

Em 1º de Julho de 2011 entrou em vigor a Instrução Normativa (IN) nº 51/02, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a qual tenta elevar o padrão da produção leiteira do Brasil à da Europa, de modo a reduzir a quantidade de células somáticas de 750 mil para apenas 100 mil por litro de leite. Quanto maior a quantidade de células somáticas (leucócitos) por litro de leite, maior será a quantidade de patógenos nas glândulas, sendo que são necessários testes laboratoriais e produtos químicos para a análise do leite.

O grande problema em questão é que, ainda de acordo com o último Censo Agropecuário brasileiro (IBGE 2006), a produção leiteira familiar é responsável por cerca de 58% de toda a produção brasileira, tal porcentagem deverá adequar-se aos novos padrões estabelecidos, requerendo grandes investimentos, que vão desde o manejo e criação do gado, até ao processo de manipulação do leite.

Tabela 1: Confronto dos resultados de Produção animal dos Censos Agropecuários - São Paulo

Dados estruturais	Censos					
	1970	1975	1980	1985	1995	2006
Produção animal						
Produção leite vaca (1 000 l)	1 117 134	1 468 041	1 723 610	1 810 408	1 847 069	1 297 873
Produção leite cabra (1 000 l)	-	343	340	875	1 278	1 986
Produção de lã (t)	40	32	40	41	59	46
Produção ovos de galinha (1 000 dúzias)	231 293	384 324	495 017	498 915	614 077	598 428

Fonte: IBGE, Censo Agropecuário 1970/2006.

Outro problema o qual os pequenos produtores enfrentam, é a falta de fortalecimento entre os dois elos da produção leiteira, o produtor e a indústria. É possível observar uma variação de preço de quase 30% para o produtor, sendo que a sazonalidade de produção não chega a 10%, demonstrando que este setor ainda possui muito a progredir.

Para auxiliar o pequeno produtor leiteiro, também são necessárias técnicas para o auxílio a tomada de decisão, assim como no sequenciamento de produção, podendo assim decidir onde serão feitos os investimentos corretos, a fim de maximizar a produção e o lucro.

A técnica em questão será a simulação, a qual de acordo com Prado (2004), é uma técnica que permite imitar o funcionamento de um sistema real em um computador, na qual a grande vantagem reside no fato de permitir a análise de diversas alterações no cenário virtual, sem o custo e o risco de atuar no cenário real.

Sendo assim, será elaborada uma simulação de todo o processo produtivo leiteiro de uma fazenda no interior do estado de São Paulo, o qual vai desde a coleta das vacas, ordenha, até o escoamento da produção. Para tal simulação será utilizada uma ferramenta importante, o software de simulação ARENA, o qual segundo Prado (2004) dentre os diversos softwares de simulação atualmente disponíveis, sobressai-se pela sua interatividade e satisfação na resposta fornecida.

1.1 Justificativa

O intuito de elaborar este trabalho foi auxiliar na resolução dos principais problemas da fazenda em questão, a qual passa por inúmeras dificuldades, como falta de um sequenciamento correto da produção, e má utilização das instalações.

Por meio da simulação, será estudada a melhor maneira de minimizar os tempos de produção, sem que haja investimentos desnecessários, procurando assim a melhor maneira para a resolução dos problemas, visando restabelecer os lucros e a motivação do produtor.

1.2 Definição e delimitação do problema

No trabalho em questão serão testadas hipóteses, focando-se nas melhores soluções, sendo assim a pesquisa de natureza exploratória.

O local de estudos será numa fazenda de produção leiteira, localizada na cidade de Manduri no Estado de São Paulo. Na fazenda em questão já houve uma grande quantidade de leite produzida, porém a produção atual está bem abaixo dos anos anteriores e da capacidade da mesma.

Como a produção leiteira é influenciada pela qualidade das pastagens, e da sazonalidade normal do ano, existem meses do ano em que a produção é menor, portanto será necessário um esforço maior para o produtor, seja investindo em rações para o gado, ou em melhores investimentos para o gado.

Os problemas em questão a serem respondidos então serão: Como investir adequadamente na fazenda, a fim de expandir o agronegócio leiteiro da mesma? Como a produção de leite deve ser sequenciada, diminuindo-se os tempos, e maximizando-a? Como utilizar as ferramentas disponíveis à fim de elevar os lucros e estimular o produtor?

Essas serão as maiores dificuldades deste cenário, e espera-se que as ferramentas disponíveis levem às melhores decisões a serem tomadas para a resolução dos mesmos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral elaborar uma simulação por meio do Software Arena, da produção leiteira de uma fazenda, visando auxiliar a tomada de decisão, maximizar a produção e a renda.

1.3.2 Objetivos específicos

As ações necessárias para alcançarem-se os objetivos gerais deste trabalho são:

- a) Levantar dados da produção da fazenda, sazonalidade e custos de produção;
- b) Sequenciar a produção corretamente;
- c) Cronometrar o tempo de cada operação;
- d) Analisar as variáveis;

- e) Modelar o processo produtivo;
- f) Simular o modelo no software Arena;
- g) Analisar os relatórios;
- h) Simular cenários alternativos para a produção;
- i) Tomar as decisões expansivas para a produção.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Inicialmente, antes de utilizar-se de ferramentas para a simulação dos problemas, deve-se regressar aos conceitos da Pesquisa Operacional, a qual de acordo com Andrade (2004), foi utilizada pela primeira vez durante a Segunda Guerra Mundial, quando equipes de pesquisadores procuraram desenvolver métodos para resolver determinados problemas militares.

2.1 Pesquisa Operacional

A Pesquisa Operacional, ainda de acordo com Andrade (2004) é uma metodologia administrativa cujo arcabouço teórico agrega quatro ciências fundamentais para o processo de preparação, análise e tomada de decisão: a economia, a matemática, a estatística e a informática, em consequência, oferece aos gerentes um conjunto de métodos e modelos que os auxiliam em suas decisões.

De modo geral, de ainda de acordo com Andrade (2004) um projeto de Pesquisa Operacional é dividido em sete partes, as quais podem ser observadas na Figura 1, sendo elas:

- Definição do problema: Onde serão descritos os objetivos do estudo, além da identificação das alternativas de decisão, das limitações, restrições e exigências do sistema;
- Construção do modelo: A escolha do modelo mais apropriado é essencial, sendo necessário fazê-la com base na definição do problema, os modelos podem variar de simples modelos conceituais até modelos matemáticos complexos;
- Solução do modelo: Esta parte busca encontrar uma solução para o modelo construído na parte anterior. No caso de modelos de simulação, a solução obtida é uma aproximação das medidas do sistema;
- Validação do modelo: Um modelo passa a ser válido se for capaz de fornecer uma previsão aceitável do funcionamento do sistema em si, resultando em um resposta que possa auxiliar no processo de tomada de decisão;
- Implementação da solução: Esta parte pode ser definida como uma das mais críticas do processo de pesquisa operacional, pois a implementação é uma atividade que altera uma situação existente. Convém que esta parte seja controlada por uma equipe responsável, já que os valores utilizados, conforme o andar do processo, podem

necessitar de correções nas relações funcionais, exigindo assim que algumas partes do modelo passem por uma reformulação; e

- Avaliação Final: Para que seja possível uma melhor adequação do processo de tomada de decisão às necessidades do sistema, é necessária a parte de avaliação dos resultados obtidos em qualquer parte do processo. Sendo assim, é importante a experiência da equipe de trabalho envolvida, exigindo uma visão crítica para determinar as decisões corretas a serem tomadas.

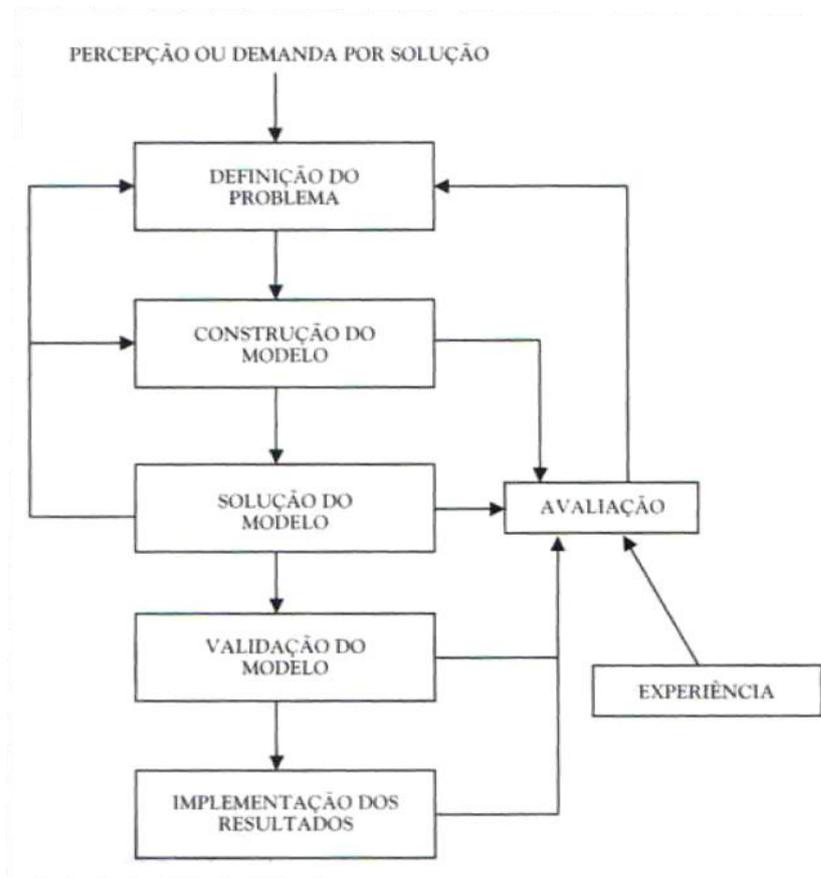


Figura 1: Fases de um estudo de Pesquisa Operacional

Fonte: Andrade (2004)

Logo, se a Pesquisa Operacional foi capaz de resolver problemas militares, utilizando-se dos mesmos preceitos, resolver problemas de produção leiteira também serão possíveis, graças a uma característica muito importante da mesma: a utilização de modelos. Por meio desta abordagem, é possível experimentar as possibilidades, para que uma tomada de decisão seja melhor avaliada e testada antes de ser realmente implantada.

2.2 Processo de Tomada de Decisão

O processo de tomada de decisão é um processo complexo e tem importâncias conceituais, pois além de implicar valores subjetivos, deve ser desenvolvido dentro de um ambiente institucional com regras basicamente definidas.

As principais características desse processo são:

- **Processo sequencial:** Uma tomada de decisão não deve ser tomada por impulso, ela é a sequência de uma série de fatos anteriores, que criaram as bases para que ela seja tomada. Geralmente é difícil apontar o ponto exato do processo o qual resultou na decisão tomada.
- **Processo complexo:** Devido ao envolvimento de pessoas, responsabilidades, serviços e informações, muitas vezes interesses e objetivos são divergentes, o que acaba gerando dificuldades.
- **Valores Subjetivos:** Como a tomada de decisão final, acaba sendo pelo gestor ou executivo, essa escolha acaba se tornando estritamente pessoal, o que acaba por fim distinguindo o bom de um mau administrador.
- **Ambiente Institucional:** Como a maioria das companhias possui uma organização própria, isto acaba influenciando o processo de tomada de decisão. O que também influencia, é a inter-relação entre as pessoas.

Os problemas que necessitam de um processo de tomada de decisão podem ser classificados em nível estratégico, onde a decisão diz respeito à importância e abrangência em relação à empresa, ou seja, ela será mais estratégica quanto mais os resultados e atividades de uma empresa forem afetados por esta decisão. Os problemas também podem ser classificados em grau de estruturação, no qual existe a possibilidade da decisão ser acompanhada em seu processo de preparação e conclusão. Até mesmo ser reproduzida com os mesmos resultados. Logo, uma decisão com um processo bem acompanhado e repetido em outras ocasiões e ambientes, será muito melhor estruturada. A Figura 2 mostra exemplos de problemas de cada tipo destas classificações.

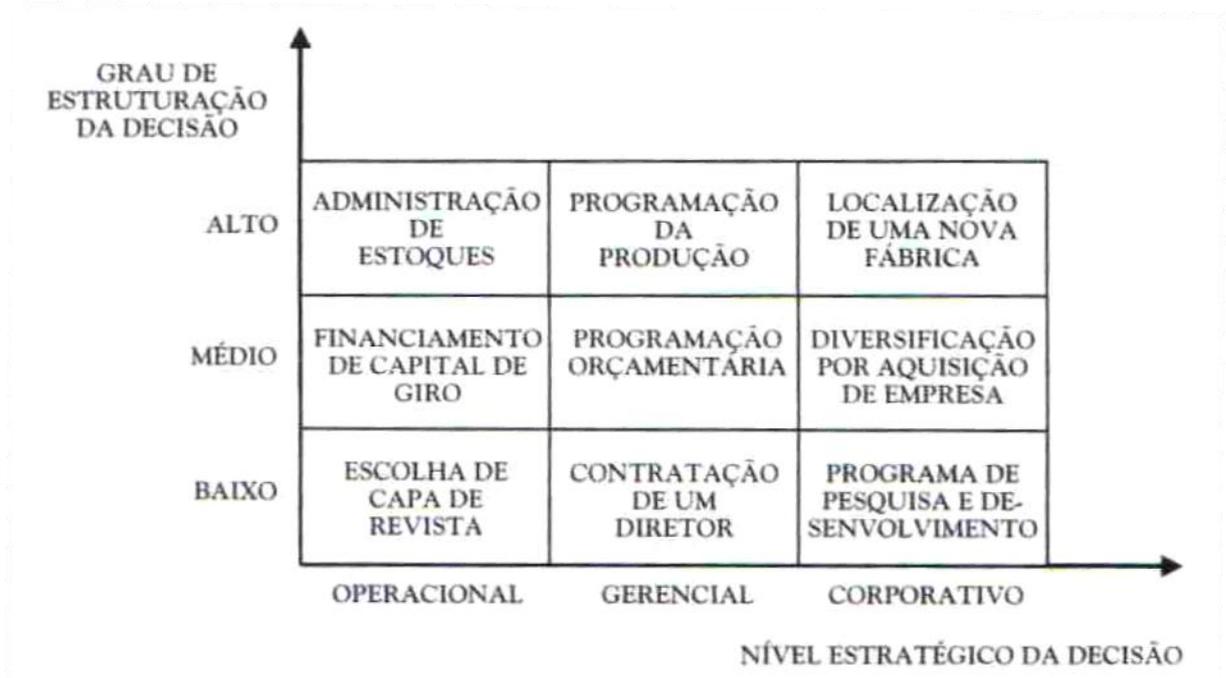


Figura 2: Exemplos de cada tipo de decisão

Fonte: Andrade E. L., (2004)

2.3 Modelagem

Como visto anteriormente, Andrade (2004) afirma que um processo de tomada de decisão pode ser muito complexo, o que exige a construção de modelos apropriados para a solução.

Geralmente, ao criar-se um modelo busca-se encontrar qual a quantidade correta de pessoas e equipamentos necessários para a produção, assim como o *layout* e fluxo dentro do sistema a ser analisado.

De acordo com Moore (2005), para que seja possível escolher a melhor ação a ser tomada, e assim alcançar um objetivo, é necessário observar as conseqüências de cada ação ou inação, sendo evidente que este processo torna-se mais complexo conforme a decisão a ser tomada.

A história mostra, que inicialmente os responsáveis pelas tomadas de decisão, contavam somente com sua própria intuição para fazê-las, sendo assim, a intuição não possuía nenhum processo analítico racional, onde eram tomadas apenas pelo *feedback* dos resultados finais de decisões antigas.

O processo de modelagem, que pode ser observado na Figura 3, não deve substituir o uso da intuição, mas resumir os aspectos problemáticos da situação num modelo, levando a melhores decisões que influenciam o aprendizado.

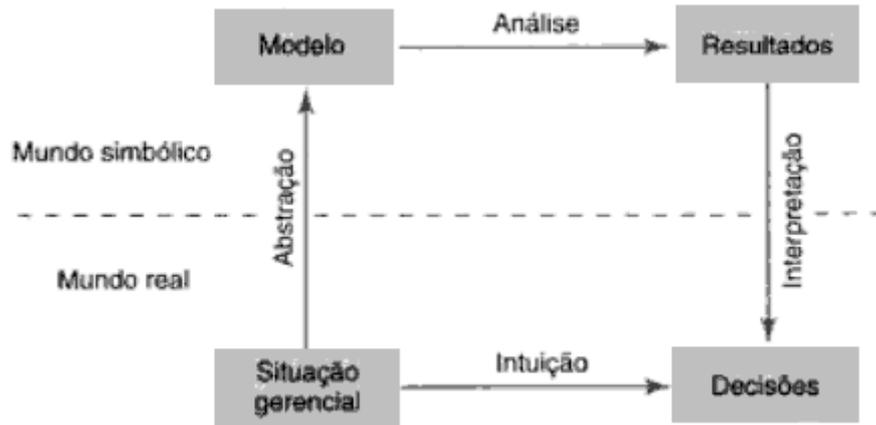


Figura 3: O processo de Modelagem

Fonte: Moore, Jeffrey H., (2005)

Observa-se na Figura 3, que o diagrama está dividido por uma linha pontilhada, onde abaixo se encontra o mundo real e caótico, onde é necessário saber como lidar com situações desafiadoras, as quais se encaixam no contexto deste trabalho.

2.3.1 Construção de Modelos

Ao iniciar-se a abordagem sobre a construção de modelos, deve-se lembrar que até hoje não existem sistemas especialistas na construção dos mesmos, logo, é necessário que a construção seja feita por pessoas, envolvendo a capacidade de imaginação e *know-how* técnico das mesmas.

De acordo com Moore (2005), para modelar uma situação, é necessário inicialmente enquadrá-la, desenvolvendo uma maneira organizada de pensar sobre a situação. Modelos diferentes podem proporcionar uma perspectiva diferente da mesma situação, e de forma geral, pode-se dividir o processo de construção de modelos em três etapas:

- Estudo do Ambiente: Onde é necessária a seleção ou isolamento do ambiente total os aspectos reais que são relevantes para a situação, onde um *know-how* na construção de modelos e na experiência de trabalho são essenciais para o sucesso;

- **Formulação:** Esta segunda etapa é definida por uma análise conceitual, onde decisões e objetivos devem ser identificados e definidos, sendo que as definições adequadas podem não estar bem claras e definidas inicialmente; e
- **Construção de Modelo:** Após a formulação ser obtida, a construção de um modelo simbólico é iniciado, sendo necessária a utilização da matemática correta para inter-relacionar duas ou mais variáveis como parte da lógica do modelo, utilizando-se de gráficos das equações finais e deduzindo uma equação aceitável a partir dos mesmos.

A aplicação dos conceitos de construção de modelos serão essenciais para o processo de simulação, onde utiliza-se um *software* capaz de analisar gráficos, e deste modo, chegar a equações aceitáveis. Com estas equações, será possível simular o processo ou problema escolhido, de forma a encontrar resultados que satisfazem as condições iniciais.

2.4 Simulação

Conforme visto no tópico anterior, a simulação trata da utilização de técnicas matemáticas, para que seja possível empregar em um computador, todas as variáveis necessárias para criar um modelo que apresente o mesmo comportamento dinâmico e estocástico de um processo ou sistema do mundo real.

Pedgen (1990 *apud* FREITAS FILHO 2001) apresenta que a simulação é o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação.

O processo de simulação vem sendo cada vez mais aceito por engenheiros, administradores, biólogos, etc. como uma forma de verificar ou encontrar soluções dos problemas lidados no dia-dia. O motivo principal para está aceitação é o grande desenvolvimento da computação moderna, onde se torna acessível a utilização de diversas plataformas e interfaces gráficas.

Segundo Freitas Filho (2001) existem outros fatores ligados aos conceitos básicos da simulação que também podem ser citados, como:

- As abordagens tradicionais empregam estudos estatísticos com tantas simplificações que muitos projetos depois de implantados acabando tendo que sofrer inúmeras

modificações e adaptações. Já em um estudo simulado os analistas conseguem ver níveis de detalhes sutis, que possam não ser notados anteriormente.

- É possível analisar o comportamento dos sistemas por meio de animações, gerando uma interface gráfica muito mais amigável;
- Tempo e recursos financeiros no desenvolvimento de projetos menores, os quais são insignificantes comparados aos benefícios de produtividade e qualidade; e
- A semelhança entre o comportamento de um sistema simulado e um sistema real é perceptível para os usuários.

Assim como neste trabalho, o uso de modelos de simulação tem como objetivo o encaminhamento de uma solução para um determinado problema, deixando claro que um modelo de simulação é executado e não resolvido, sendo que a maioria deles é do tipo entrada-saída, isto é, modelos interativos que fornecem dados de entrada para obterem-se respostas específicas. Ainda de acordo com Freitas Filho (2001), existem várias razões para utilizar-se modelos simulados, sendo elas:

- O sistema real ainda não existir, onde a simulação pode ser utilizada para planejar o futuro sistema;
- Experimentar com o sistema real é dispendioso, sendo que o modelo indicará por muito menos custo os benefícios de se fazer um investimento; e
- Experimentar com o sistema real não é apropriado, caso o modelo a ser testado envolva planos de emergência ou desastres, casos onde na vida real não podem ser testados.

Sendo assim, Freitas Filho (2001) conclui que a maior parte dos problemas da vida real podem ser simulados, porém existem áreas as quais a simulação torna-se muito efetiva e as razões para a adoção de modelos parecem claras. No entanto, a identificação do problema que indicará os objetivos e o tipo de modelo empregado deve ser desenvolvido.

2.4.1 Aplicações da Simulação

Como dito anteriormente, a simulação pode ser utilizada em inúmeras áreas, sendo algumas delas essenciais na Engenharia de Produção, são elas:

- Linhas de Produção;
- Logística;
- Comunicações;

- Bancos;
- Sistemas de Confiabilidade;
- Processamento de Dados; e
- Empresas de Call Center.

Neste trabalho, o foco da simulação será essencialmente em uma linha de produção, a qual mostra ser a área com maior quantidade de aplicações de modelagem. Podem ser analisadas modificações em sistemas existentes que podem afetar a dinâmica atual do processo, causadas pela expansão da produção, troca de equipamentos e até mesmo pela adição de novos produtos.

Também por meio da Simulação podem ser planejados um setor de produção totalmente novo, à fim de obter-se um melhor fluxo produtivo, assim como simular uma política de estoques mais efetiva.

2.4.2 Histórico dos Modelos de Simulação

Segundo Prado (2004), O computador foi criado na década de quarenta e a partir de 1951 passou a ser comercializado, desde então, a confecção de programas de simulação já existia, sendo que as linguagens mais utilizadas eram FORTRAN e ALGOL, porém era necessário que o usuário tivesse um forte conhecimento de programação ou ser auxiliado por um programador. Uma década mais tarde, destacou-se a criação do GPSS, criado num trabalho conjunto entre a IBM e os laboratórios BELL, esta linguagem foi utilizada por muito tempo mundialmente, em virtude de sua facilidade de uso e poderio.

Ainda de acordo com Prado (2004), mesmo com a existência das linguagens citadas acima, poucos eram os computadores capazes de executar tais programas, pois necessitavam de um espaço de memória incomum para a época, sendo assim, apenas computadores científicos eram capazes de rodá-los. Na década de setenta, houve uma enorme divulgação da técnica de simulação, com o surgimento de novas linguagens como GASP e EXELSIM.

A partir da década de oitenta, já pode ser explorado o enorme potencial da simulação, já que era possível utilizar-se da “simulação virtual”. Hoje em dia conta-se com inúmeros *softwares* capazes de fazer este tipo de simulação em qualquer computador pessoal, sendo capaz de

produzir bons resultados, mostrando imagens que lembram exatamente como o processo é em si.

2.4.3 Modelos de Simulação

Segundo Freitas Filho (2001) no processo experimental de criação de modelos de simulação, o modelo é um veículo para a experimentação, muitas vezes utilizando de procedimentos de tentativa e erro, para mostrar os resultados das várias políticas operacionais e gerenciais. Os resultados que se apresentarem melhores podem ser empregados em um sistema real. A Figura 4 ilustra o processo experimental de criação de modelos de simulação.



Figura 4: Representação esquemática de um modelo de sistema

Fonte: Freitas Filho (2001).

Freitas Filho (2001) ainda afirma que o tipo de modelagem do sistema, dependerá do propósito e da complexidade do sistema que se deseja estudar, sendo que existem vários tipos de modelos a serem empregados, sendo eles matemáticos, descritivos, estatísticos e do tipo entrada-saída. Logo, os sistemas do mundo real, os quais são muito mais complexos, não apresentam um comportamento previsível, portanto, para que seja possível encontrar um melhor resultado, e assim possuir apoio à tomada de decisão, será necessária a utilização de modelos de simulação.

2.4.4 Classificação de Modelos de Simulação

Com a existência de vários tipos de processos decisórios, os tipos de modelos de simulação possuem características diferentes e devem ser empregados corretamente, sendo classificados de acordo com seus propósitos:

- Modelos Voltados à Previsão, onde a simulação é utilizada para prever o futuro um sistema em um determinado ponto, utilizando-se de informações de seu funcionamento atual e como funcionará ao longo do tempo;
- Modelos Voltados à Investigação, nestes casos as respostas servem para construir e organizar as informações sobre a natureza do sistema sob estudo. O foco dos experimentos são as reações do sistema a estímulos;
- Modelos Voltados à Comparação, onde o foco é avaliar o efeito de mudanças nas variáveis de controle por meio de comparações de diferentes rodadas de simulação;
- Modelos Específicos, os quais são utilizados para respostas específicas de um determinado problema, como a compra de novos equipamentos, alocação de recursos, linhas de produção, e filas de atendimento; e
- Modelos Genéricos, utilizados para resolver problemas periódicos e utilizados por longos períodos, como decisões orçamentárias, gerenciamento de tráfego, implantações de semáforos, etc.

2.4.5 Vantagens e Desvantagens da Simulação

Mesmo com todos os pontos positivos mostrados até agora, é preciso classificar as vantagens e desvantagens do uso desta ferramenta, Pedgen (1990 *apud* FREITAS FILHO 2001) aponta alguns benefícios e posteriormente algumas de suas desvantagens:

- O modelo pode ser utilizado inúmeras vezes para avaliar projetos e políticas;
- A avaliação de um sistema proposto é possível mesmo que os dados de entrada ainda não estejam completamente definidos, graças a metodologia de análise utilizada pela simulação;

- A simulação é mais fácil do que métodos analíticos;
- Modelos de simulação não necessitam de um número muito grande de simplificações para torná-los matematicamente tratáveis e permitem a análise de praticamente qualquer medida concebível;
- Avaliação de novas políticas e procedimentos operacionais, regras de decisão e fluxos de informações são possíveis sem que o sistema real seja perturbado;
- Podem ser testadas hipóteses de como ou por quê certos fenômenos acontecem;
- Controle do tempo, com possibilidade de compressão ou expansão, permitindo reproduzir fenômenos de maneira lenta ou acelerada;
- Melhor compreensão das variáveis importantes em relação a performance e interação entre as mesmas;
- Identificação de “gargalos” da produção, com uma maior preocupação do gerenciamento operacional de inúmeros sistemas, utilizando-se de ajuda visual;
- Um estudo de simulação geralmente mostra como realmente o sistema opera; e
- Novas situações podem ser tratadas, para que haja alguma preparação para eventos futuros, como questões do tipo: o que aconteceria se?.

Pode-se perceber que existem inúmeras vantagens, porém existem também algumas dificuldades, tratadas por Pedgen (1990 *apud* FREITAS FILHO 2001) como desvantagens, listadas abaixo:

- A construção do modelo requer treinamentos especiais, e o aprendizado só se dá com aquisição de experiência sobre o assunto a ser tratado.
- A interpretação dos resultados muitas vezes é difícil, uma vez que os modelos tentam captar as variabilidades do sistema, e podem ser resultados de relações significantes para o sistema, ou de processos aleatórios embutidos no modelo; e
- A modelagem e a experimentação associadas a modelos de simulação consomem muito tempo, e a simplificação dos mesmos à fim de economia de recursos acaba

resultando a resultados insatisfatórios. A aplicação de métodos analíticos como a Teoria das Filas pode acabar trazendo resultados mais econômicos.

2.4.6 Passos na Planejamento de um Estudo envolvendo Modelagem e Simulação

Normalmente, o processo de planejamento costuma seguir os mesmos passos, mostrados na Figura 5:

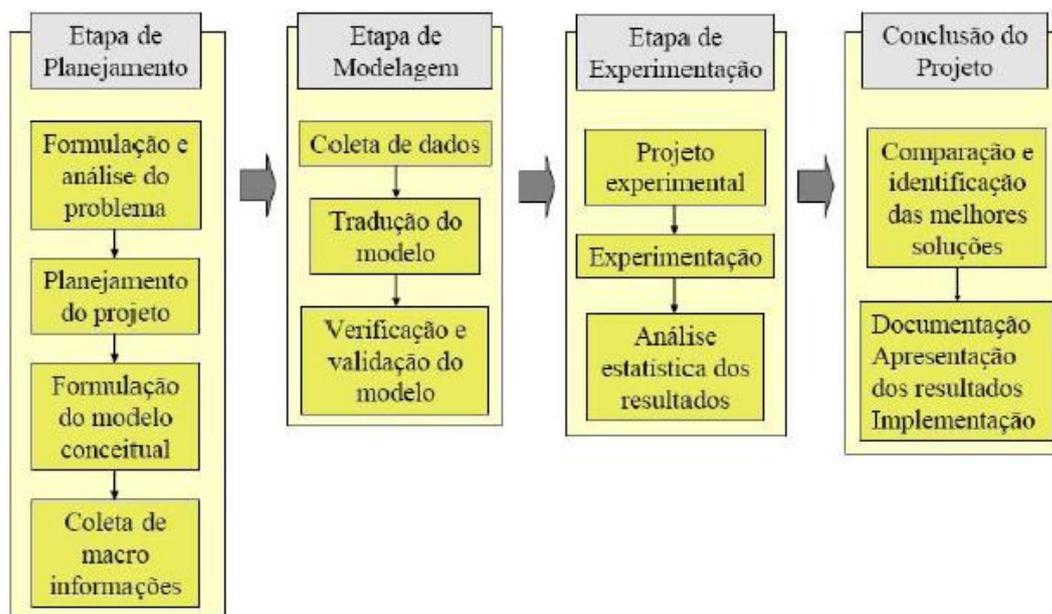


Figura 5: Passos em um estudo envolvendo modelagem e simulação

Fonte: Freitas Filho (2001).

2.4.6.1 Formulação e Análise do Problema

De acordo com Banks (1984 *apud* FREITAS FILHO 2001), todo estudo de simulação inicia-se com a formulação do problema, onde os propósitos e objetivos devem ser claramente definidos, onde as seguintes questões devem ser respondidas:

- Por que o problema está sendo estudado?
- Quais as respostas que se espera do estudo?

- Quais serão os critérios de avaliação de desempenho?
- Quais as limitações e restrições esperadas das soluções obtidas?

2.4.6.2 Planejamento do Projeto

De acordo com Freitas Filho (2001), na etapa de planejamento do projeto, o principal intuito é concretizar-se a idéia dos recursos suficientes, sendo eles: pessoal, suporte, gerência, *hardware* e *software* para a elaboração do sistema proposto. Contudo, o planejamento deve descrever os vários cenários que serão investigados e o cronograma das atividades a serem desenvolvidos, inclusos os tempos e necessidades aos recursos citados.

2.4.6.3 Formulação do Modelo Conceitual

Nesta etapa, é crucial a elaboração de uma forma gráfica (no caso um fluxograma), definindo os componentes, e descrevendo as variáveis e interações lógicas que constituem o sistema.

Recomenda-se um modelo simples inicialmente, de modo a crescer de até alcançar um nível de complexidade, envolvendo todas as peculiaridades e características necessárias

2.4.6.4 Coleta de Macro-Informações e Dados

Pode-se definir macro-informações como fatos, estatísticas e informações derivadas de observações e experiências pessoais ou históricas.

Em geral, auxiliam a conduzir os futuros esforços do sistema modelado, levando em consideração as dinâmicas do sistema, as fontes de dados e de que forma foram encontrados

2.5 O Software Arena

2.5.1 História

Segundo o site oficial da empresa, assim como no Brasil e no resto do mundo, o software ARENA é hoje em dia um dos mais populares na área de simulação de sistemas. Em 1993, derivado do primórdio software de simulação, o SIMAN e de seu complemento gráfico o CINEMA, o ARENA foi lançado pela empresa americana Systems Modeling após um melhoramento contínuo das duas ferramentas. Cinco anos depois, a Systems Modeling foi incorporada pela empresa Rockwell Software, a qual distribui o software até hoje.

2.5.2 Características

O ARENA é baseado em um conjunto de módulos (ou blocos) os quais são utilizados para descrever uma aplicação real. Tais blocos são baseados em um ambiente gráfico de simulação integrado, o qual, de acordo com a preferência do usuário pode ser substituído por código de programação (*Visual Basic*). Segundo Prado (2004), estes blocos funcionam como comandos de uma linguagem de programação como o Fortran, Cobol, VB, Delphi, etc.

O software possui compatibilidade com aplicativos da Microsoft, portanto, torna-se possível a escrita e leitura de dados em Microsoft Access e Excel. Um ponto positivo deste software, é que através de sua Interface Gráfica para o Usuário (GUI – Graphical User Interface) é possível reduzir a necessidade do uso do teclado, já que o mouse acaba sendo mais utilizado. Existem outras ferramentas disponíveis dentro do software:

- Analisador de dados de entrada (*Input Analyzer*); e
- Analisador de resultados (*Output Analyzer*).

Ainda de acordo com Prado (2004), O *Input Analyzer* permite analisar dados reais do funcionamento do processo e escolher a melhor distribuição estatística que se aplica a eles, e o *Output Analyzer* possui diversos recursos que permite analisar dados coletados durante a simulação, podendo efetuar importantes comparações estatísticas.

Assim, Prado (2004) conclui que como a maior parte dos softwares de simulação, para o ARENA, o sistema a ser modelado é constituído por estações de trabalho que servem a

clientes, os quais se movem pelo sistema. Este movimento pode ser feito pelos próprios clientes ou por outros meios de transporte (empilhadeiras, carrinhos, correias, etc.).

Inicialmente para montar um modelo com o ARENA, deve-se construir um desenho mostrando o sistema que esta sendo simulado, sendo constituído por “estações de trabalho” (onde se recebe algum serviço) e “opções de fluxo”. A Figura 6 ilustra um modelo de desenho de sistema.

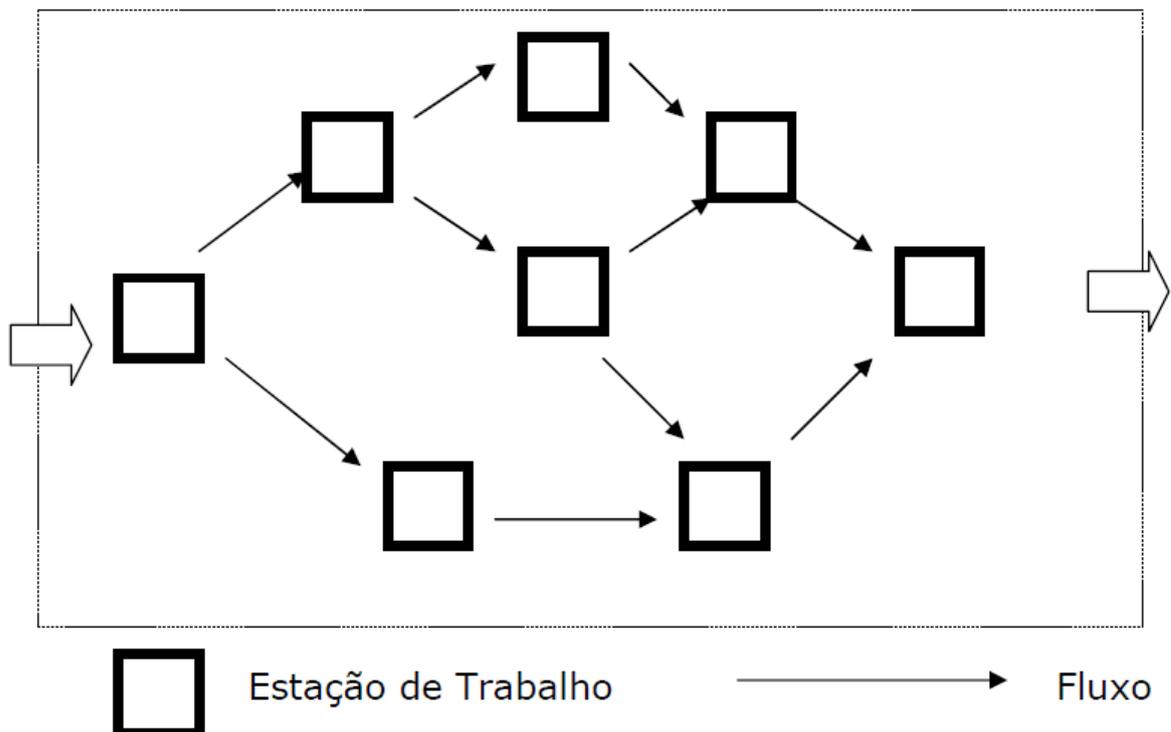


Figura 6: Estações de trabalho e opções de fluxo

Fonte: Prado, Darci Santos (2004)

2.5.3 O Ambiente de Trabalho Arena

O ambiente de trabalho do ARENA é dividido em 3 partes, sendo elas:

- Área de Trabalho: onde serão colocados o fluxograma e a animação do modelo. Neste espaço podem ser inseridos novos blocos ou efetuar alterações nos blocos já existentes;
- Área de Planilha: Nela serão mostrados os detalhes do bloco quando for clicado; e
- Barra de *Templates*: Onde são mostrados os *templates* ativados para o modelo.

Este ambiente, juntamente com suas partes devidamente identificadas, pode ser observado na Figura 6.

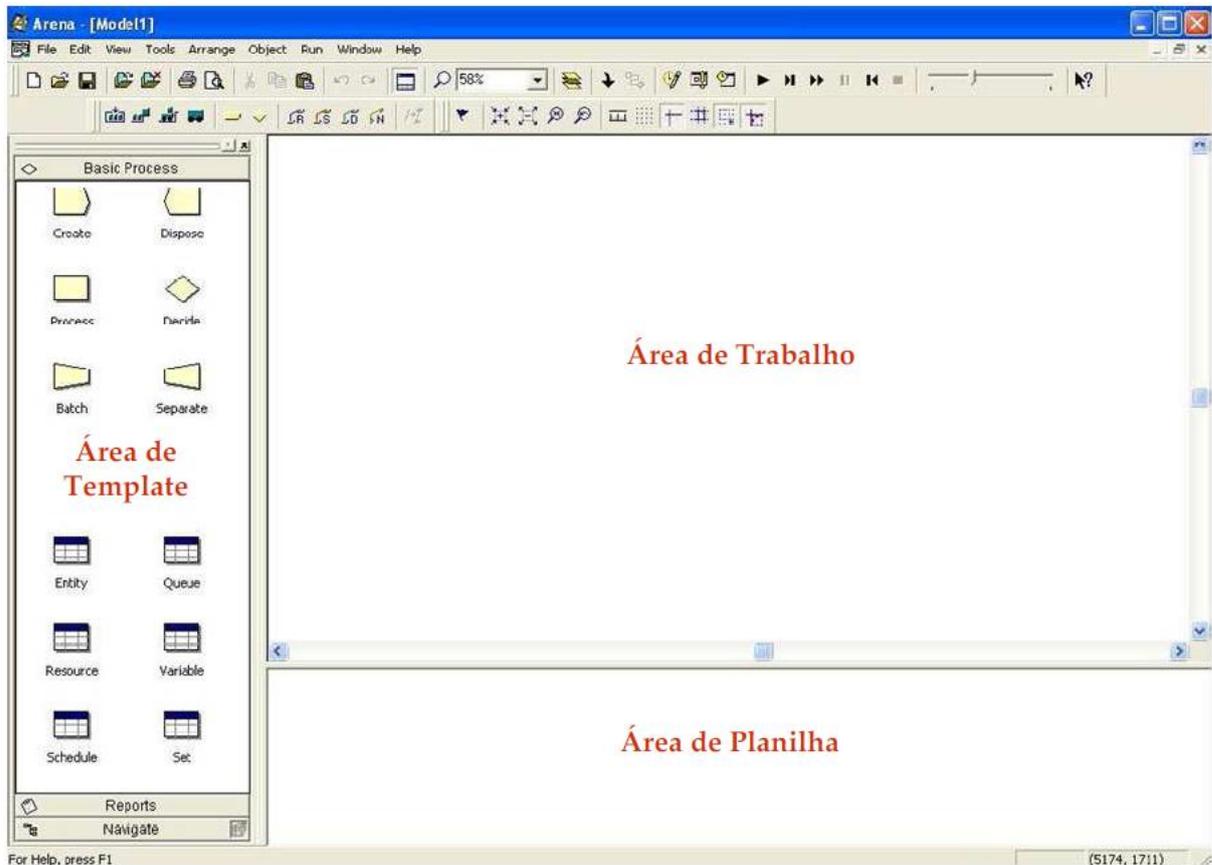


Figura 7: Área de trabalho inicial do Software ARENA

Fonte: Primária

2.5.4 Blocos básicos para Simulação

Segundo Prado (2001), para construir-se um modelo de simulação é inicialmente necessário atribuir um conjunto de *templates* úteis para a modelagem, no caso deste trabalho, serão empregados apenas *templates* de blocos básicos, que incluem blocos lógicos e módulos de dados. No primeiro caso, os blocos podem ser incluídos no sistema, apenas clicando e arrastando os mesmos para a área de trabalho, já no segundo caso, os dados podem ser incluídos e editados na área de planilha localizada na parte inferior.

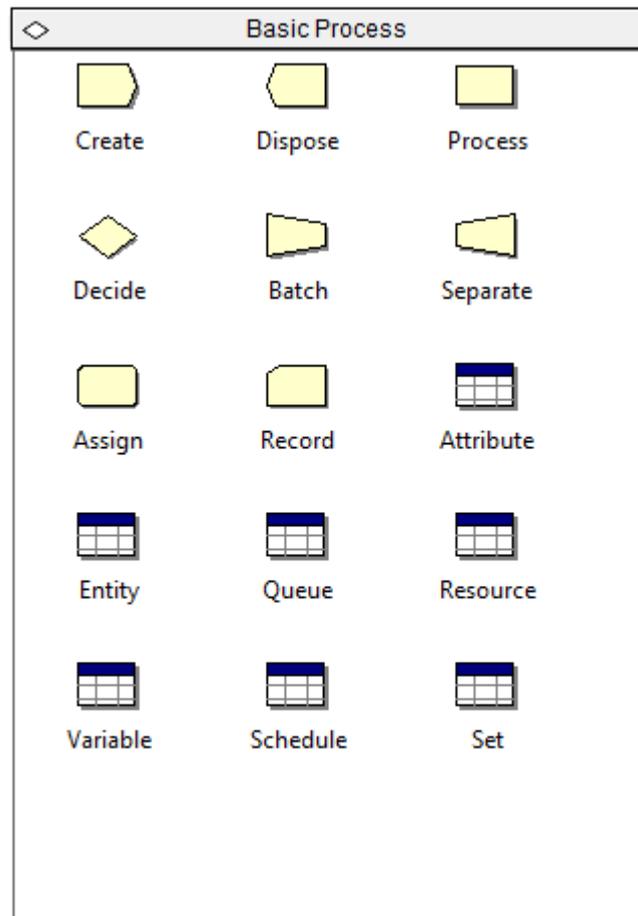


Figura 8: Template de Processo Básico

Fonte: Primária

O conjunto de blocos básicos para a simulação pode ser utilizado para sistemas simples, onde podem ser menosprezadas distâncias entre os processos, pois não existe “valor adicionado” aos tempos de processo, este conjunto pode ser observado na Figura 8, segue abaixo uma breve descrição de cada bloco:

- **Criar (*Create*)**

Este é o bloco inicial para um modelo de simulação, pois é a partir dele que as entidades são inseridas no sistema, no caso deste trabalho, vacas, sendo elas que sofrerão a ação das diversas operações lógicas do sistema. As entidades são responsáveis por darem partida nos processos, pois depois de definidas o modo de como serão criadas, elas se moverão pelo sistema, fazendo com que os processos funcionem.

Neste bloco devem ser inseridas duas informações essenciais para o modelo: os intervalos de tempo em que serão criadas as entidades e seus respectivos tipos, podendo assim ser identificadas por grupo e auxiliando em decisões lógicas do modelo.

- **Processo (*Process*)**

O bloco de processo é o mais simples a ser usado quando uma entidade passa por alguma ação, a qual envolve um intervalo de tempo e recursos. No caso deste trabalho, um bom exemplo seria uma vaca sendo ordenhada por algum funcionário da fazenda, sendo assim, enquanto uma vaca estiver ocupada, outra vaca estará aguardando em uma fila antes de passar pelo mesmo processo. Por este motivo, a ação lógica “*Seize Delay Release*” do ARENA, será selecionada, de forma que o animal reserva (*seize*) o trabalhador para si, sofre o processo de ordenha, o qual representa um atraso em seu fluxo produtivo (*delay*), e após isto é liberada para o próximo processo (*release*), para que outra vaca possa ser ordenhada.

Também existe a possibilidade de modelar o recurso funcionário como um conjunto (*set*) de funcionários, para que seja possível coletar estatísticas individuais para cada um dos funcionários, este módulo será melhor analisado em próximas etapas do trabalho.

- **Saída (*Dispose*)**

Assim como existe um bloco designado para criar entidades no sistema, o bloco *dispose* é utilizado para que as entidades desapareçam, sendo obrigatória sua existência, caso haja um acúmulo de entidades na fila de um determinado processo, pode ser o caso de que haja um erro no processo de modelagem, em que uma entidade entrou no bloco de saída antes de liberar o processo pelo qual havia feito reserva.

- **Assign**

Este bloco tem a função de alteração de algum parâmetro ou variável dentro do modelo, ou seja, trocar o valor de uma variável, trocar a figura representativa ou até mesmo designar algum atributo específico a uma entidade.

- **Juntar (*Batch*)**

A principal função do bloco *Batch* é o agrupamento de entidades, podendo as mesmas posteriormente ser separadas pelo bloco *Separate*. O agrupamento é feito através de atributos específicos, ou utilizando através de uma simples contagem numérica, formando assim grupos em que as primeiras entidades que entrarem, formarão parte do primeiro grupo a sair.

As entidades aguardam em uma fila no bloco até que o número ou o atributo determinado requerido para o agrupamento, seja alcançado. Na saída, as entidades agrupadas seguirão pelo fluxo como se fossem uma só nova entidade.

- **Decisão (*Decide*)**

O bloco *decide* é responsável pelos processos de tomada de decisão dentro do sistema de modelagem, pois permite decisões do tipo binária (Verdadeiro ou Falso) ou múltiplas. A escolha é feita através de probabilidades, atributos, expressões ou até mesmo variáveis do processo.

- **Gravar (*Record*)**

Por meio deste bloco é possível conseguir informações estatísticas adicionais, além daquelas mostradas no relatório que é mostrado depois do processo de simulação, podendo ser utilizado simplesmente como um contador, ou até mesmo cronometrar tempos de chegadas de entidades consecutivas a algum determinado bloco.

- **Separar (*Separate*)**

Este bloco é necessário para desfazer as ações feitas no bloco *Batch*, pois em certos casos dentro de um sistema de simulação, agrupamentos são feitos apenas temporariamente para que as entidades fossem processadas unidas, não individualmente. Sendo assim, o bloco *Separate* individualiza as entidades, de modo a elas continuarem sendo processadas na mesma ordem em que chegaram ao bloco *Batch*. Outra função deste bloco é a duplicação, ou

"clonagem" de uma entidade, sendo útil para situações em que uma mesma entidade deve passar por processos diferentes, utilizando recursos diferentes, simultaneamente.

2.5.5 Módulos para Simulação

Segundo Dávalos (2008), dentro de um sistema de simulação, existem módulos básicos que podem ser definidos para o seu funcionamento correto, na Figura 9, pode-se observá-los dentro da área de template, são eles:

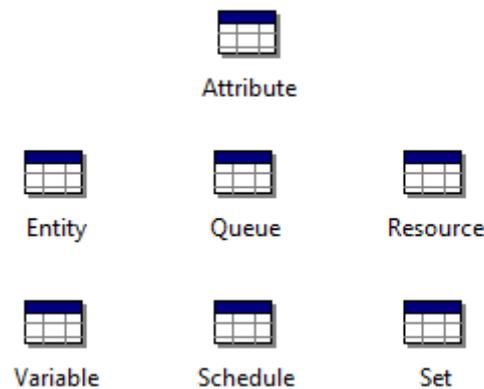


Figura 9: Módulos básicos do Software ARENA

Fonte: Primária

- **Entidades (*Entity*)**

Termo genérico usado para representar pessoas, objetos, etc. (também utilizados para controle) que se movimentam pelo sistema, gerando mudança de estado no mesmo.

- **Atributos (*Attribute*)**

Entidades podem ter designadas a si características próprias que são chamadas de atributos, utilizados para definir os parâmetros de operação dos módulos.

- **Recursos (*Resource*)**

Em termos básicos, recurso seria definido como sendo o local em que a entidade fica durante o tempo o qual pode ser correspondente a um tempo de processo ou até mesmo esperando ser liberado de uma fila.

O conjunto de “espaços” que são utilizados simultaneamente pela entidade em um recurso é chamado de capacidade do recurso. Assim pode-se definir a capacidade desejada de um recurso de modo a representar caixas com vários atendentes ou máquinas com múltiplas capacidades. Caso não seja definido um valor, o ARENA assumirá valor 1.

Ainda de acordo com Dávalos (2008), cada unidade de recurso possui um status que pode estar *busy* or *idle*. Quando uma entidade ocupa (*seize*) um espaço do recurso vazio (*idle*), o status muda automaticamente para ocupado (*busy*) tornando este espaço temporariamente indisponível. Uma vez a entidade tendo finalizado o uso do espaço do recurso, ocorre a liberação (*release*) da mesma, com o retorno ao status vazio e o recurso estará preparado para alocar outras entidades.

- **Filas (*Queues*)**

Filas são locais de espera para entidades cuja movimentação pelo sistema tenha sido suspensa, devido a condições do sistema. Caso uma entidade tente ocupar um recurso já ocupado por outra entidade, esta entidade não conseguindo ocupar o recurso aguardará em uma fila até que possa realizar seu intuito

- **Variáveis (*Variables*)**

Dávalos (2008) afirma que variáveis são uma relação de valores mutáveis que caracterizam os componentes do sistema como um todo, e não as características individuais de cada entidade. Variáveis do sistema, que são pré-definidas e coletam informações dos estados do sistema, podendo ser definidas pelo usuário e modificadas durante a simulação tanto dentro do modelo ou interativamente.

- **Agrupar (*Set*)**

Em certas situações de modelagem, é desejável criar conjuntos com elementos semelhantes agrupados, de modo que você possa acessar o grupo e utilizar qualquer um deles para determinada função, reduzindo a complexidade do modelo.

O módulo set realiza esta função, podendo criar grupos de Recursos, Figuras, Estações, Contadores, etc. Quando for necessário na lógica de um elemento deste grupo, basta utilizar o nome do grupo.

- **Agendar (Schedule)**

Segundo Araujo (2006), o módulo *Schedule* permite determinar padrões de tempo a serem utilizados para simular a chegada de entidades ou agendar uma variação de capacidade de um determinado recurso.

O módulo pode ser de dois tipos: *Duration* ou *Calendar*. Os do tipo *Duration* são editados na própria planilha de dados e permitem determinar o valor da capacidade ou o número de entidades que chegam durante intervalos de tempo. *Schedules* do tipo *Calendar* são editados no editor de calendários onde o campo *Scale Factor* permite manipular os valores determinados ao longo do *Schedule* e pode ser importante como parâmetro de controle.

2.5.6 Input Analyser

Dentro do Software Arena, existe uma ferramenta muito útil, o *Input Analyser*, o qual é utilizado para determinar a relação entre as funções de distribuição de probabilidades com os dados de entrada coletados em campo.

Os dados são processados pela Inteligência Artificial são normalmente intervalos de tempo entre o começo e o fim de cada processo, ou tempos de chegada de entidades ao sistema.

Por meio desta ferramenta, é possível escolher qual das distribuições melhor se apresenta com os dados coletados, estes dados devem estar contidos em um arquivo de texto padrão, sendo inseridos com diferença de um espaço, ou por linhas.

Após a leitura dos dados pela ferramenta, será apresentado a distribuição estatística e seus parâmetros que melhor se encaixaram como entrada do modelo, assim como mostra o exemplo da Figura 10.

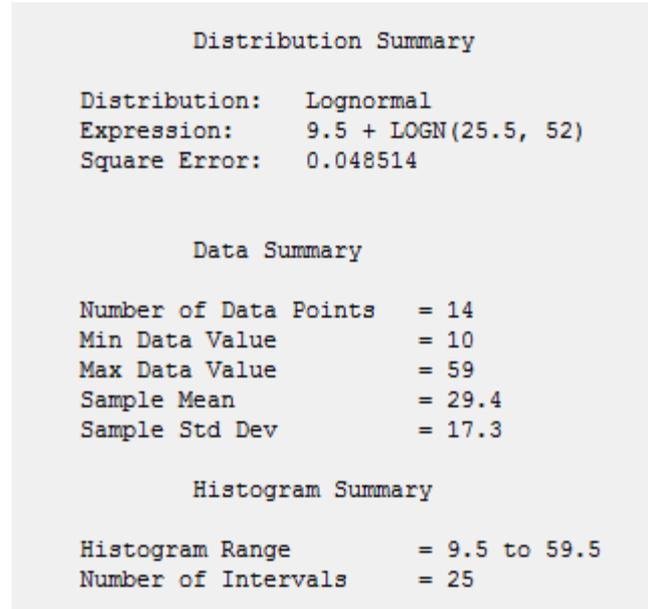


Figura 10: Resultado apresentado pelo Input Analyser

Fonte: Primária

3 METODOLOGIA

Este trabalho trata-se do estudo de caso, que com Yin (1994) descreve como uma abordagem metodológica de investigação especialmente adequada quando se procura compreender, explorar ou descrever acontecimentos e contextos complexos, nos quais estão simultaneamente envolvidos diversos fatores. Logo, este estudo tratará dos problemas de uma fazenda leiteira, observando-se a natureza do mesmo, percebe-se que se trata de uma pesquisa aplicada, já que o principal objetivo do mesmo é aplicar as melhorias na fazenda em questão, sendo necessária uma pesquisa de caráter exploratório, para que seja possível identificar as informações e levantar os dados corretos.

A fim de coletar os dados para calcular-se a capacidade de produção de leite, e dimensionar os fatores produtivos, como o tempo de cada etapa do processo e as variáveis que influenciam o mesmo, será necessário inicialmente elaborar um fluxograma da produção.

Após isto será feita a coleta de dados em visitas feitas à fazenda. Esta coleta será facilitada, pois atualmente a fazenda conta apenas com um funcionário responsável pela coleta e armazenagem do leite. Logo, a pesquisa foi baseada apenas nos dados coletados da produção feita pelo funcionário em questão.

Com o intuito de alimentar o modelo a ser desenvolvido no software Arena, será elaborado o fluxograma da produção, e cronometrado os tempos de processamento de cada etapa, como o de extração do leite, e da armazenagem em tanque. Também será possível utilizar dados já disponíveis na fazenda, como a produção diária e a demanda semanal fornecida pela empresa coletora de leite.

No *software* Arena, poderão ser introduzidos os dados coletados, simulando possíveis modificações e visando atingir a máxima produção dentro da capacidade instalada. Por meio dos relatórios gerados pelo software, serão analisados os dados, procurando assim encontrar da melhor forma as necessidades corretas de aumento de mão-de-obra, matéria-prima, equipamentos e capacidade.

À fim de comparação, serão visitadas fazendas com o sistema de produção mecanizado, para coleta de tempos, sendo possível calcular o benefício de utilização da ordenha mecânica na ordenha das vacas.

4 ESTUDO DE CASO

O local escolhido para a elaboração deste trabalho de simulação foi a fazenda São Pedro, localizada a aproximadamente 13 km da cidade de Cerqueira César, no Estado de São Paulo, porém seu território pertence ao Município de Manduri, sendo suas coordenadas geográficas 23°5'40" S, 49°15'6"W. A fazenda possui atualmente cerca de 100 hectares, sendo 20 hectares disponíveis para pasto e é gerenciada por membros da família Ferreira, a qual chegou a região por volta do fim do século XIX vindos de Portugal para trabalharem nas plantações de café, o qual era um produto forte na região na época.

O senhor Antônio Ferreira, pai de 10 filhos, foi o responsável pela compra da maior parte das terras, fruto do trabalho como nas plantações de café e tomate, e posteriormente, como caminhoneiro.

Atualmente a fazenda encontra-se na posse dos 3 herdeiros majoritários, sendo o Sr. Rui Ferreira o responsável atualmente pelo gerenciamento da produção de leite, e dos arrendamentos para usinas de cana-de-açúcar e cultivo de soja.

4.1 Produção Leiteira

A produção leiteira atual da fazenda anda em grande declínio, pois existe descaso por grande parte dos herdeiros em continuar o gerenciamento das atividades agrárias, e, portanto, faltam investimentos necessários para que se consiga aumentar e sustentar a produção.

Atualmente, a fazenda conta com 20 vacas lactantes da raça Girolando, e aproximadamente 60 animais no total, incluindo 13 machos, 12 bezerras, 8 novilhas e 7 fêmeas não-lactantes, ou seja, aquelas as quais não produzem leite atualmente e não auxiliam na produção leiteira. Na tabela 2 encontram-se os dados da produção leiteira no mês de junho de 2012, fornecida pelo próprio funcionário, onde se pode perceber grande inconsistência na produção.

Tabela 2: Produção de leite na Fazenda São Pedro – Jun/2012

Data	Produção de Leite (l)
01/jun	69
02/jun	64
03/jun	51
04/jun	86
05/jun	49
06/jun	59
07/jun	52
08/jun	60
09/jun	125
10/jun	120
11/jun	62
12/jun	60
13/jun	80
14/jun	98
15/jun	112
16/jun	87
17/jun	65
18/jun	78
19/jun	102
20/jun	94
21/jun	56
22/jun	78
23/jun	47
24/jun	111
25/jun	78
26/jun	99
27/jun	84
28/jun	77
29/jun	65
30/jun	78
Total	2346
Média	78,2

Fonte: Fazenda São Pedro

4.2 Fluxograma da Produção

A primeira etapa para o processo de simulação foi o mapeamento do processo produtivo, para que possam ser cronometrados os tempos de cada etapa. Na primeira visita à fazenda, foi feito o estudo a fim de mapear os processos, os quais foram demonstrados no fluxograma da Figura 11, o qual se inicia pelo processo “Separar Lote de Vacas para Ordenha”, e então criado uma breve descrição de cada etapa.

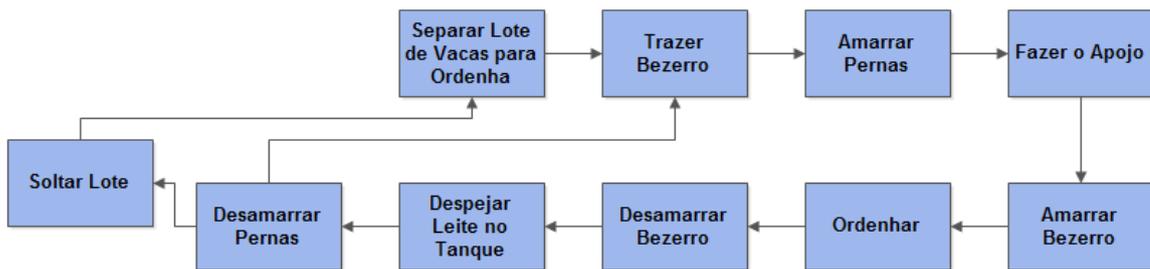


Figura 11: Fluxograma do processo da produção de leite

- **Separar lote de vacas para ordenha**

A etapa inicial do processo de ordenha, é fazer a separação dos lotes de animais, como toda a quantidade de vacas não cabe dentro do espaço de ordenha, existe um espaço aberto na mangueira, onde a quantidade restante aguarda para serem ordenhadas, nesta separação, normalmente 10 vacas são colocadas para dentro.

- **Trazer bezerro**

Para que se possa extrair o leite corretamente do animal, é necessário que se traga seu filhote próximo, o que acalma a mãe, e assim, libera o leite com maior facilidade. Existem vacas as quais não possuem filhotes, em alguns casos pelo fato de morrerem ou já não amamentarem de suas mães mais. Nestes casos, a extração do leite acaba dificultada, e a produção é menor com relação às demais vacas.

- **Amarrar pernas**

Por se tratar de um processo puramente manual, onde o trabalhador fica muito próximo ao animal, existe a necessidade de amarrar as pernas do mesmo, para evitar acidentes, ou até mesmo, da vaca não permanecer no local correto por todo o período do processo.

- **Fazer apoio**

Apoio é a parte inicial do processo de ordenha, onde se permite ao bezerro, mamar por algum tempo na vaca, para que a mesma comece a liberar o leite mais facilmente. O apoio também

serve para limpar os tetos da vaca, já que as primeiras porções de leite liberadas acabam trazendo impurezas e microorganismos contidos no animal.

- **Amarrar bezerro**

Antes de se iniciar o processo de ordenha, é necessário amarrar o bezerro, porém deixando-o próximo de sua mãe, de modo a deixá-la calma. Caso o bezerro não seja amarrado, o mesmo atrapalhará o trabalhador no processo de ordenha, pois seu instinto será de se manter alimentando em sua mãe.

- **Ordenhar**

Este é o processo chave da produção leiteira, onde o trabalhador manualmente ordenha os tetos do animal, extraindo o leite. A produção de cada vaca é armazenada em um balde temporário de 10 litros, sendo assim, caso a produção de uma só vaca, seja superior a 10 litros, o funcionário deverá antecipar o passo, e despejar o leite no tanque de armazenamento, para que a ordenha possa ser continuada.

- **Desamarrar Bezerro**

Após todo o leite disponível ser coletado, não existe mais necessidade de que o bezerro permaneça próximo a sua mãe, sendo assim, ele é desamarrado e solto, sendo que no fim de todos os processos, permanecem presos na mangueira.

- **Despejar leite no tanque**

Ao soltar o bezerro, as pernas da mãe permanecem amarradas para que o funcionário possa despejar todo o leite coletado no tanque de armazenamento, o qual possui capacidade de 750 litros e mantém o leite refrigerado a 10° C, em constante movimento, para que não se crie uma camada de nata acima do leite.

- **Desamarrar pernas**

Após o leite ser devidamente armazenado no tanque, a vaca poderá ser desamarrada, e posteriormente, repetir o processo, até que todas as vacas do lote sejam ordenhadas.

- **Soltar lote**

Caso todas as vacas presentes dentro do setor de ordenha já estiverem sido ordenhadas, então o lote separado deverá ser solto para a parte externa, onde se encontram as outras vacas ainda não ordenhadas, porém, existe uma separação das mesmas, para que não haja mistura entre as ordenhadas e não-ordenhadas. Após todos os lotes serem ordenhados, o processo será finalizado.

4.3 Coleta de dados

Durante o levantamento de dados da fazenda, após o seqüenciamento correto do processo produtivo, foi possível cronometrar os tempos de cada processo, à fim de empregar a ferramenta *Input Analyser*, e assim, encontrar a melhor distribuição estatística para cada processo. Existem alguns processos, que pelo fato de levarem muito tempo, e serem executadas poucas vezes, que apresentaram poucas medições de tempo. Os dados levantados, podem ser observados nas Tabelas 3 e 4.

Foi importante também, coletar a produção individual de cada vaca ordenhada, para que assim, os dados de produção e renda sejam inclusos nas simulações, a produção de leite de cada animal pode ser observada na Tabela 5.

Tabela 3: Cronometragens dos processos mais executados

Tempos Coletados (segundos)							
Trazer Bezerro	Amarrar pernas	Fazer Apoio	Amarrar bezerro	Ordenhar	Desamarrar Bezerro	Despejar leite no tanque	Desamarrar Pernas
59	30	52	5	437	5	15	5
17	5	40	5	195	7	12	4
53	15	21	5	505	6	25	6
15	5	20	6	350	6	20	10
10	40	60	8	277	5	23	14
15	25	85	14	533	4	36	3
45	8	70	10	306	3	23	4
48	9	48	7	392	3	21	6
24	17	32	4	205	5	10	5
39	28	20	9	532	10	19	4
12	5	25	12	229	3	22	5
19	12	57	20	311	4	16	7
14	10	90	17	601	4	36	6
42	7	36	11	166	3	31	4
54	18	65	7	299	6	28	3
26	20	68	6	356	8	22	11
28	6	44	19	490	9	30	19
65	8	39	8	438	11	20	10
39	13	89	15	308	15	14	6
33	8	26	9	458	9	27	4
13	14	32	11	186	20	19	12
18	10	65	10	162	6	13	5
22	24	75	6	186	13	28	6
24	25	69	11	123	12	14	9
26	6	52	10	218	7	25	13
27	27	102	3	217	28	29	3
25	18	77	8	221	5	41	5
24	17	78	9	183	3	11	5
12	23	65	7	256	6	34	4
15	15	56	5	165	8	12	8
29	13	49	4	199	29	29	6
9	29	82	9	205	20	36	12
14	25	23	9	216	8	32	13
14	12	39	4	450	11	29	9
15	15	89	16	349	17	11	8
17	20	45	19	367	10	20	6
10	25	37	23	176	25	17	5
18	13	92	5	265	19	37	6
20	21	35	7	356	15	42	8
21	16	67	9	225	17	18	10

Tabela 4: Cronometragens dos processos menos executados

Tempos Coletados (segundos)	
Separar lote	Soltar Lote
300	60
90	45
250	35
120	90
228	67
115	80
289	51
167	82

Tabela 5: Dados de Produção coletados de cada animal na Fazenda São Pedro

Vaca	Produção (l)
Africana	7,4
Araponga	5,3
Boneca	3,61
Bonequinha	4,61
Conchinha	5,6
Estrela	5,21
Estrelinha	4,29
Fumaça	6,51
Laerte	3,97
Maiada	5,23
Marela	6,11
Marelinha	7,56
Marli	6,01
Nanica	5,98
Negrinha	4,44
Negrinha Filha	3,98
Princesa	6,33
Prosa	8,9
Tibaia	5,14
Tieta	3,65

4.4 Ordenha Mecânica

Para fins de comparação, e auxílio à tomada de decisão das melhorias a serem empregadas na fazenda, foi o rancho Matão, localizado no município de Avaré, Estado de São Paulo, juntamente de seu proprietário Hélio Guimarães. Na fazenda em questão, o processo é muito similar a do estudo de caso, porém o processo de ordenha é mecanizado, utilizando-se vácuo para extrair o leite, sem contato da mão do trabalhador com os tetos, o que resulta em menor tempo de extração, e uma higiene e qualidade maior do leite. Como o processo produtivo é o mesmo, a única variação é no tempo de ordenha, o qual foi cronometrado, juntamente com a produção de cada vaca, sendo que na fazenda visitada, a ordenha era feita em duas vacas simultaneamente, com apenas um trabalhador. Na tabela 5 apresentam-se os dados coletados.

Tabela 6: Cronometragens dos processos menos executados

Vaca	Produção (l)	Tempo (s)
Estrela	3,56	270
Estrelinha	4,78	202
Geni	7,04	297
Jak	4,5	178
Jéssica	5,98	258
Kimberly	5,3	241
Mimosa	9,8	289
Morena	2,14	152
Moura	5	198
Panda	5,26	252
Princesa	3,06	187
Priscila	3,94	210

Fonte: Primária

4.5 Análise de Dados

Utilizando-se da ferramenta *Input Analyser* do Arena, é possível encontrar as distribuições estatísticas de menor erro, para que seja possível simular os processos, por meio de seus tempos coletados. O *software* mostra efeitos de troca dos parâmetros das distribuições e permite a manipulação dos dados.

O programa é capaz de ler os tempos através de um arquivo de texto, e automaticamente gera o gráfico (histograma) de distribuição estatística dos tempos selecionados. Por meio do menu “*Fit*”, os dados serão encaixados na melhor distribuição, como pode observar-se na Figura 12.

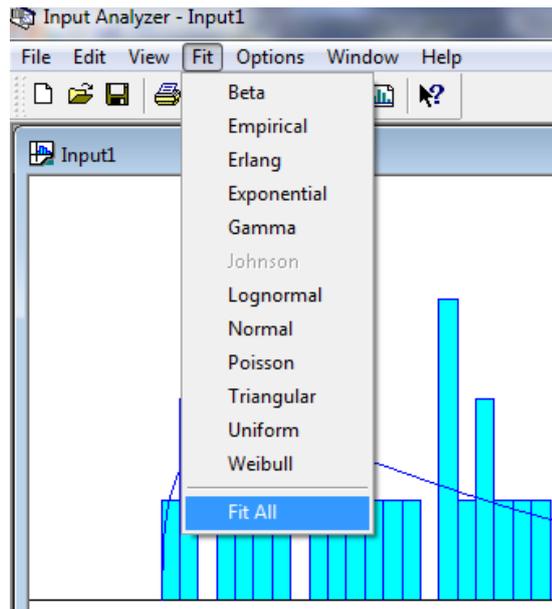


Figura 12: Utilização da Ferramenta Input Analyser

Fonte: Primária

Sendo assim, com a utilização desta ferramenta, encontrou-se a distribuição estatística para cada processo, assim como para a produção de leite na Fazenda. Na Figura 13, pode-se observar o histograma dos tempos do processo “trazer bezerro”, juntamente de sua expressão estatística, curva de ajuste e erro, e na Figura 14, histogramas de processos analisados pelo *Input Analyser*.

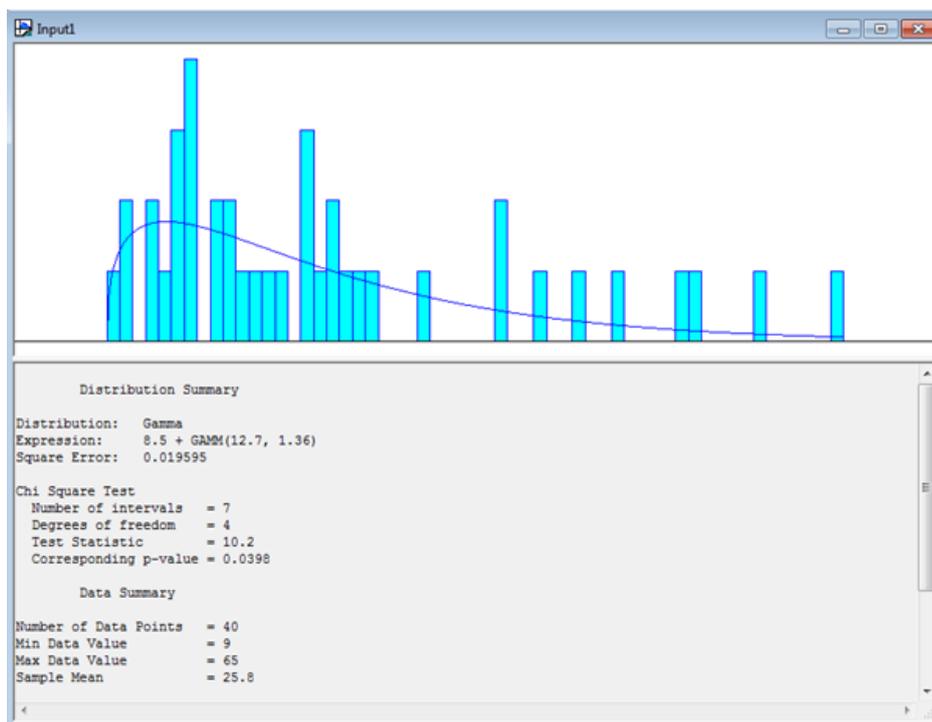


Figura 13: Histograma, expressão estatística e curva de ajuste do processo trazer bezerro

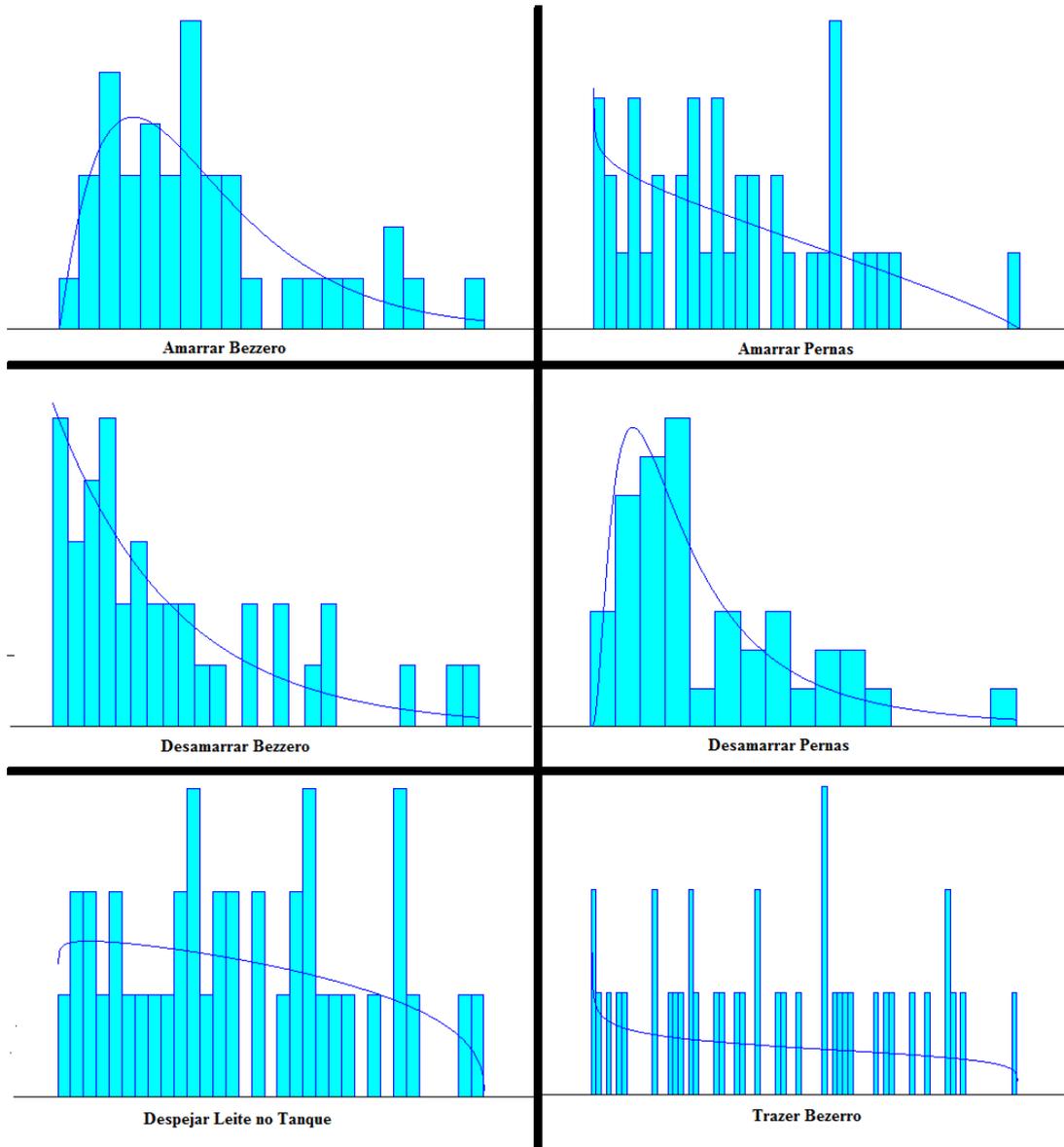


Figura 14: Histogramas de diferentes processos obtidos pelo Input Analyser

Com todos os tempos em mãos, utilizou-se então o *Input Analyser* em todos os processos da produção leiteira, assim como da quantidade de leite produzida, as expressões e erros podem ser observados na Tabela 6. Testes estatísticos diferentes podem definir distribuições diferentes, assim como a forma da preparação e da coleta dos dados

Tabela 7: Distribuições estatísticas, expressões e erro de cada processo

Processo	Distribuição	Expressão	Erro
Amarrar Bezerro	Gamma	$2.5 + \text{GAMM}(3.41, 2.07)$	0.011780
Amarrar Pernas	Beta	$4.5 + 36 * \text{BETA}(0.946, 1.82)$	0.017701
Desamarrar Bezzero	Exponencial	$2.5 + \text{EXPO}(7.63)$	0.010076
Desamarrar Pernas	Log-Normal	$2.5 + \text{LOGN}(4.97, 5.08)$	0.014876
Despejar Leite no Tanque	Beta	$9.5 + 33 * \text{BETA}(1.03, 1.37)$	0.014013
Fazer Apoio	Beta	$19.5 + 83 * \text{BETA}(0.857, 1.14)$	0.021902
Ordenhar	Weibull	$123 + \text{WEIB}(189, 1.22)$	0.005215
Separar Lote	Uniforme	$\text{UNIF}(90, 300)$	0.081250
Soltar Lote	Beta	$34.5 + 56 * \text{BETA}(0.557, 0.509)$	0.092747
Trazer Bezerro	Gamma	$8.5 + \text{GAMM}(12.7, 1.36)$	0.019595
Produção de Leite	Triangular	$\text{TRIA}(3.61\text{e}+003, 3.96\text{e}+003, 8.9\text{e}+003)$	0.005945
Ordenhar Mecanicamente	Uniforme	$\text{UNIF}(152, 297)$	0.022222

Fonte: Primária

5. SIMULAÇÃO

Na etapa de simulação, é necessário identificar as variáveis que influenciam o processo, como a quantidade de animais no sistema, os recursos disponíveis, e principalmente o tempo. O sistema de simulação deverá seguir basicamente o mesmo fluxo observado na Figura 11, porém com alguns elementos de coleta estatística e de ação decisório, os quais serão explicados futuramente.

5.1 Cenário I

No primeiro cenário de simulação, serão aplicados os dados coletados, à fim de comparação do sistema simulado perfeitamente, com os dados reais obtidos, ou seja, a produção de leite da fazenda com os recursos atuais (animais e funcionários), sendo executados perfeitamente. Como explicado anteriormente, em todo processo de simulação no Arena, as variáveis devem ser inseridas no sistema pelo módulo *create*, tais variáveis neste estudo de caso serão as vacas, e neste respectivo cenário, serão utilizados o número real de animais disponíveis, assim como a produção leiteira das mesmas.

Na Figura 15, pode-se observar o módulo *create*, o qual está configurado para 20 vacas por dia, sendo respectivamente a quantidade diária disponível de animais na fazenda nos momentos de coleta de dados.

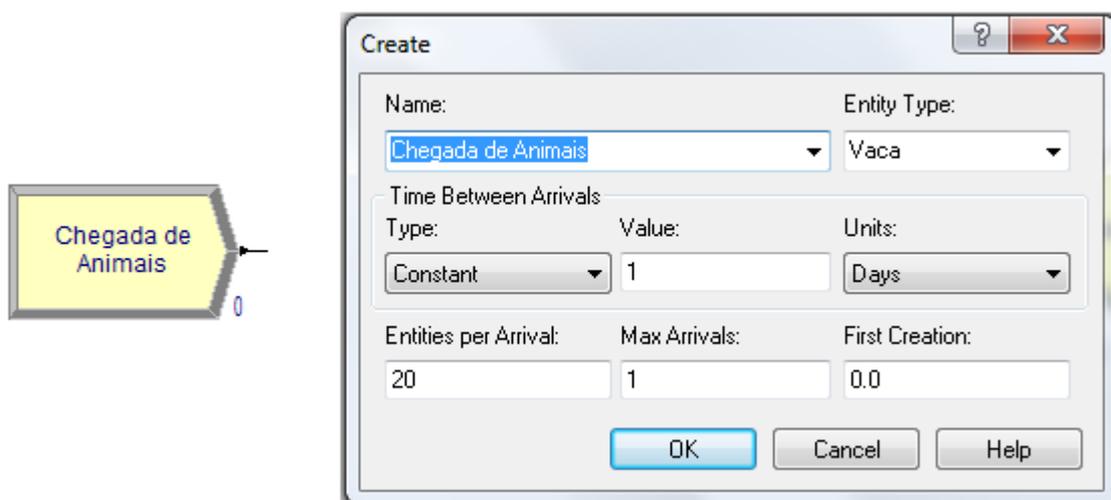


Figura 15: Módulo *Create* do Cenário I

Após as entidades serem “criadas” no sistema, deverá existir então o primeiro processo decisório, para que as vacas possam ser separadas em lotes de 10 animais. Este tamanho de lote para ordenha é limitado pelo tamanho do local, ou seja, não caberiam mais de 10 animais, e a formação de um lote menor acarretaria em uma perda de tempo e desperdício de espaço no processo.

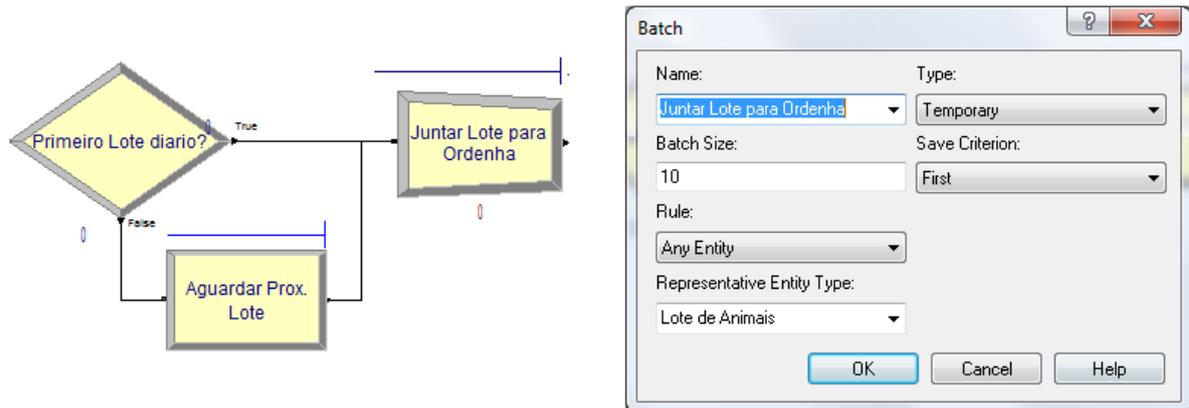


Figura 16: Formação de Lotes para Ordenha

A próxima etapa do processo, é recolher os lotes de 10 animais para dentro da área de ordenha (Mangueira). Após serem recolhidas, as vacas são soltas novamente dentro do local, por isso existe a necessidade do módulo *Batch*, o qual desfaz o lote novamente. O processo de recolhimento segue a distribuição estatística analisada na seção 4.5. Todos os processos simulados neste sistema serão do tipo *seize delay release*, ou seja, o processo utiliza um recurso (funcionário) por um determinado tempo (*delay*), e então libera o recurso para o próximo processo. A janela para configuração do processo, juntamente de sua alocação dentro do sistema, podem ser observadas nas Figuras 17 e 18.



Figura 17: Alocação do processo de recolhimento dentro do sistema de simulação

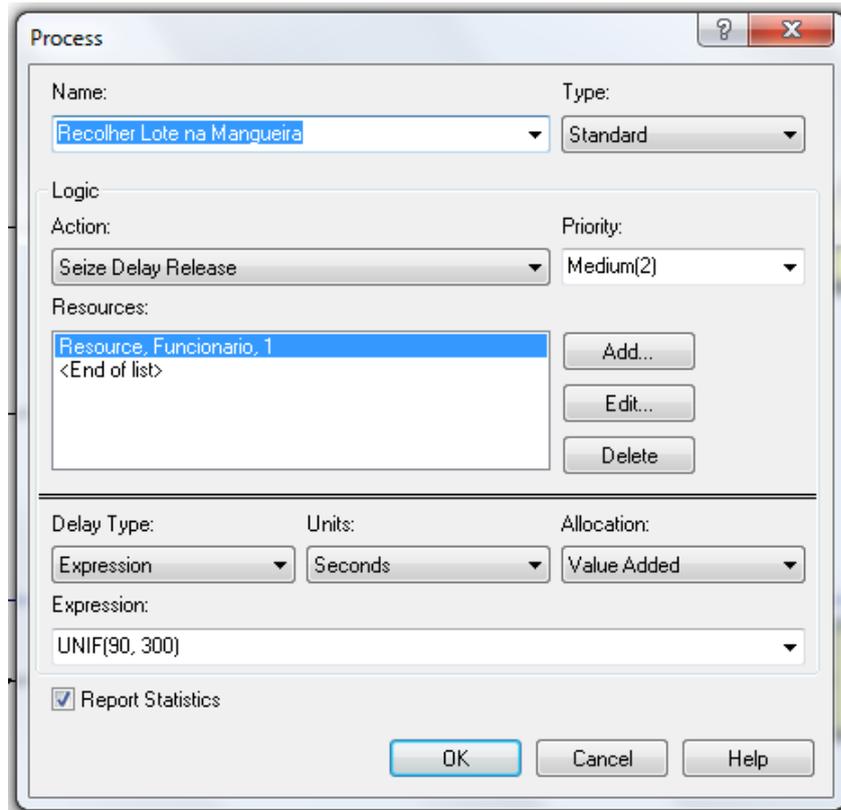


Figura 18: Funcionamento da Janela do Módulo Process

Após todos os animais serem colocados dentro do espaço para ordenha, o sistema deverá introduzir outro processo decisório, a fim de definir qual vaca será ordenhada primeiro, e assim, as outras esperarão em uma fila para passarem por todos os processos seguintes.

Na Figura 19, pode-se observar o processo descrito, sendo que as vacas que passarem pela fila, serão encaminhadas ao processo de ordenha, representado na Figura pelo retângulo em rosa. Este módulo em rosa é conhecido como *Route*, e tem função de levar as entidades de um lugar a outro dentro do sistema, e tem como função nesta simulação, apenas evitar a poluição visual e melhorar a visualização de cada parte do sistema.

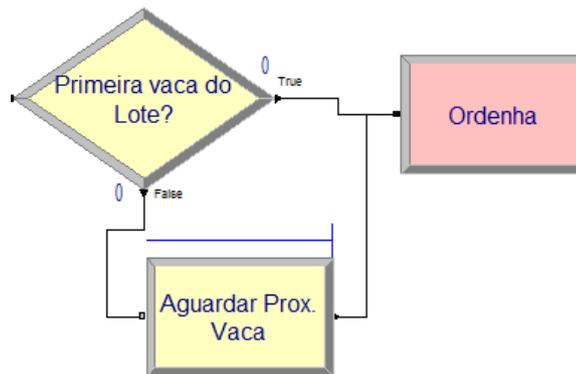


Figura 19: Processo decisório para formação de filas para ordenha

Como neste Cenário, existe apenas um funcionário disponível para ordenhar os animais, cada vaca deverá passar por todos os processos da ordenha, para que a próxima saia da fila e entre. Logo, ao entrar no módulo *Route* Ordenha, as entidades são encaminhadas para o módulo *Station*, o qual também é empregada para que não haja poluição visual no sistema, servindo como “ponto de chegada” para o módulo *Route*.

Na segunda parte do sistema, todas as vacas passarão uma a uma, pelos processos da ordenha, até que o leite seja despejado no tanque de armazenamento, e assim, outra vaca possa ser liberada. Na Figura 20, todos os processos da ordenha podem ser observados, sendo que cada um deles possui sua distribuição estatística de tempos, e são processos do tipo *seize delay release*.

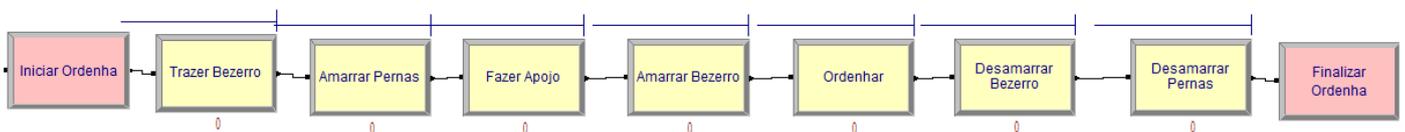


Figura 20: Processos envolvidos na parte de ordenha do sistema

Quando o recurso (funcionário), finalizar o processo de ordenha, haverá outro módulo *Route*, onde o animal já estará solto, porém ainda cabe ao funcionário armazenar o leite no tanque de refrigeração da fazenda, o qual exigirá um tempo de processo, da mesma maneira dos processos anteriores (*seize delay release*).

Na Figura 21, pode-se observar a próxima parte do processo descrita acima, onde existem também 2 módulos *Record*, responsáveis pelas coletas de dados estatísticos da produção de

leite. Após estes, existe um módulo *Signal*, o qual enviará um sinal, para que a próxima vaca seja ordenhada, caso existam ainda vacas não-ordenhadas no lote selecionado.



Figura 21: Etapa de armazenamento da produção de leite

Finalizando o processo, todas as vacas já ordenhadas do lote, aguardam em um módulo *Batch*, até que todos os animais sejam ordenhados, enviando assim o sinal para liberação do próximo lote. Um módulo *Signal* é utilizado novamente, mas desta vez para liberação de um novo lote, o qual pode ser visto na Figura 22. Caso não existam mais animais para ordenha, o processo diário é finalizado.

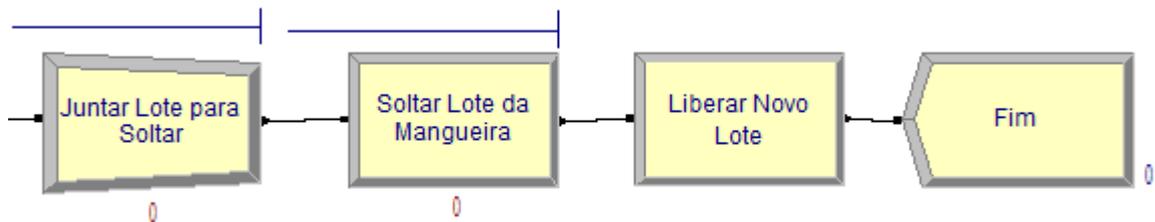


Figura 22: Final do Processo de Simulação

5.1.2 Análise do Cenário I

O primeiro cenário simulado no Arena, teve como função, utilizar a mesma mão-de-obra e recursos do sistema encontrado na própria fazenda, ou seja, servindo como validação do processo de simulação. Na Tabela 7, constam as variáveis empregadas no sistema.

Tabela 8: Dados do Cenário I

Cenário	Cenário I (Real)
Funcionários	1
Animais	20
Tipo de Ordenha	Manual
Rotina de Trabalho	8 horas diárias

O Software Arena elabora automaticamente um relatório com os dados coletados durante a simulação, sendo assim, será uma ferramenta muito útil para a análise dos resultados. Foi criado também, um relatório estatístico dentro do sistema simulado, para que fosse possível observar alterações na produção e nas filas, enquanto o processo estava sendo simulado. A construção deste relatório, é possível graças ao recurso do Arena que exibe variáveis na tela, na expressão que o usuário escolher, cabendo apenas ao autor organizá-las do formato necessário. Simulou-se o sistema com as variáveis reais da fazenda por uma semana de trabalho, à fim de obter-se resultados suficiente para validar o sistema.

Ao analisar o relatório final da simulação, exibido pelo Arena, pode-ser perceber alguns resultados importantes. A utilização de recursos, no caso o funcionário, estava muito abaixo. Logo, o funcionário ficaria muito ocioso com apenas esta quantidade de animais em uma jornada de trabalho de 8 horas. Como pode-se observar na Figura 23, a utilização média do recurso, foi de apenas 0,3197.

Resource	
Usage	
Instantaneous Utilization	<i>Average</i>
Funcionario	0.3197
Number Busy	<i>Average</i>
Funcionario	0.3197

Figura 23: Taxa de utilização de recursos – Cenário I

Houve um resultado expressivo neste cenário, que pode ser observado no relatório elaborado pelo usuário.

Na simulação da produção por 7 dias, o tempo médio de espera de vacas aguardando o próximo lote, ou seja, fora do local de ordenha, chegou a quase 80 minutos, o que mostra que mesmo com um número limitado de animais, muitos aguardavam por um longo período até que pudessem ser ordenhados. Os resultados estatísticos do fim do processo de 7 dias, podem ser observados na Figura 24.

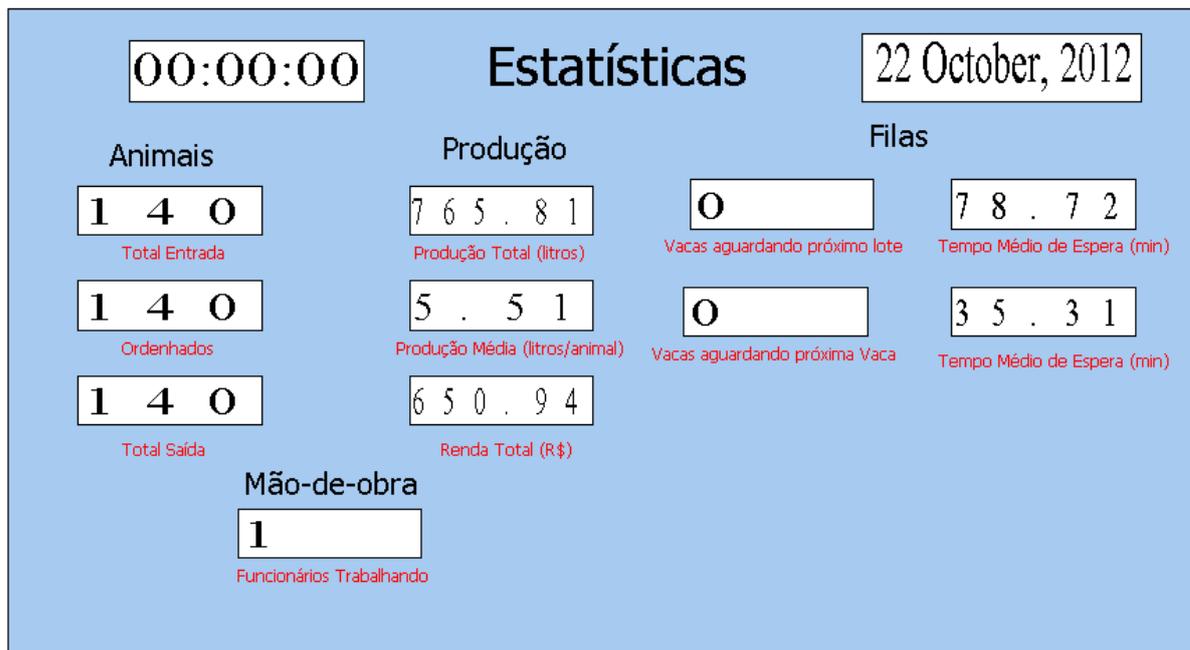


Figura 24: Dados estatísticos do Cenário I

Outro fato que comprova a grande espera dos animais é o número médio dos animais nas filas, que pode ser observado na Figura 25, onde a maior fila realmente se mostra naquela pelos quais os animais aguardam pelo próximo lote a ser ordenhado.

Other

Number Waiting	Average
Aguardar Prox.Lote.Queue	1.6401
Aguardar Prox.Vaca.Queue	1.3243
Amarrar Bezerro.Queue	0.00
Amarrar Pernas.Queue	0.00
Desamarrar Bezerro.Queue	0.00
Desamarrar Pernas.Queue	0.00
Despejar Leite no Tanque.Queue	0.00
Fazer Apoio.Queue	0.00
Juntar Lote para Ordenha.Queue	0.00
Juntar Lote para Soltar.Queue	1.3690

Figura 25: Número médio de animais aguardando

5.1.3 Resultados do Cenário I

Ao fim do processo de simulação do Cenário I, pode-se perceber que o número de vacas é insuficiência para o funcionário, ou seja, em aproximadamente 2 horas e meia, todas as vacas já estavam ordenhadas, deixando o resto da jornada de trabalho ociosa. Percebeu-se também a grande quantidade de tempo pelo qual os animais aguardavam em filas, o que pode ocasionar desgaste do mesmo. Para o cálculo da renda semanal, multiplicou-se a quantidade de litros de leite produzidos, pelo valor pago à fazenda pelo litro (R\$0,85).

Os dados obtidos durante a simulação do Cenário I podem ser observados na Tabela 9.

Tabela 9: Resultados do Cenário I

Cenário	Cenário I (Real)
Funcionários	1
Animais	20
Tipo de Ordenha	Manual
Tempo de Simulação	7 dias
Rotina de Trabalho	8 horas diárias
Produção	765,61 litros
Renda	R\$ 650,94
Ocupação média do funcionário	31,97%
Maior Tempo Médio em Fila	78 minutos
Maior Quantidade Média em Fila	1,64 vacas

5.2 Cenário II

Com os dados obtidos no Cenário I, criou-se então o próximo cenário, visando maximizar a produção leiteira. Para isto, existe um fator limitando, o tamanho do tanque de armazenamento de leite, de 750 litros. As coletas feitas na fazenda ocorrem de dois em dois dias, logo, a produção não deve ultrapassar este valor antes da coleta ser feita.

Para a simulação deste cenário, as mudanças foram o número de vacas que poderiam ser ordenhas ao mesmo tempo e a quantidade de funcionários. Na Figura 26, pode-se observar o módulo de decisão, que agora passa a aceitar duas vacas no processo.

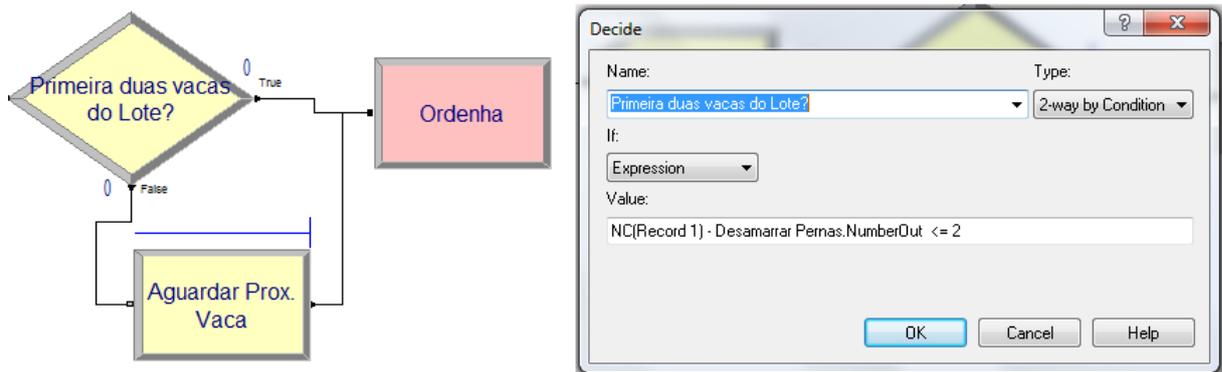


Figura 26: Módulo de decisão do Cenário II

5.2.1 Análise do Cenário II

Para que se possam extrapolar os cenários da simulação, deve-se levar em conta a quantidade de funcionários envolvidos no trabalho, já que ele envolve despesas, como salário e compromissos trabalhistas. Os dados empregados no Cenário II, constam na Tabela 10.

Tabela 10: Dados do Cenário II

Cenário	Cenário II (Max. Produção)
Funcionários	2
Salários	R\$ 250 semanais/funcionário
Animais	50
Tipo de Ordenha	Manual
Fator Limitante	Tanque de 750 Litros (2 dias)
Rotina de Trabalho	8 horas diárias

Visando a maximização da produção, utilizou-se 50 vacas para a ordenha, em um caso hipotético, e simulou-se por 7 dias novamente, obtendo-se os resultados observados na Figura 27.

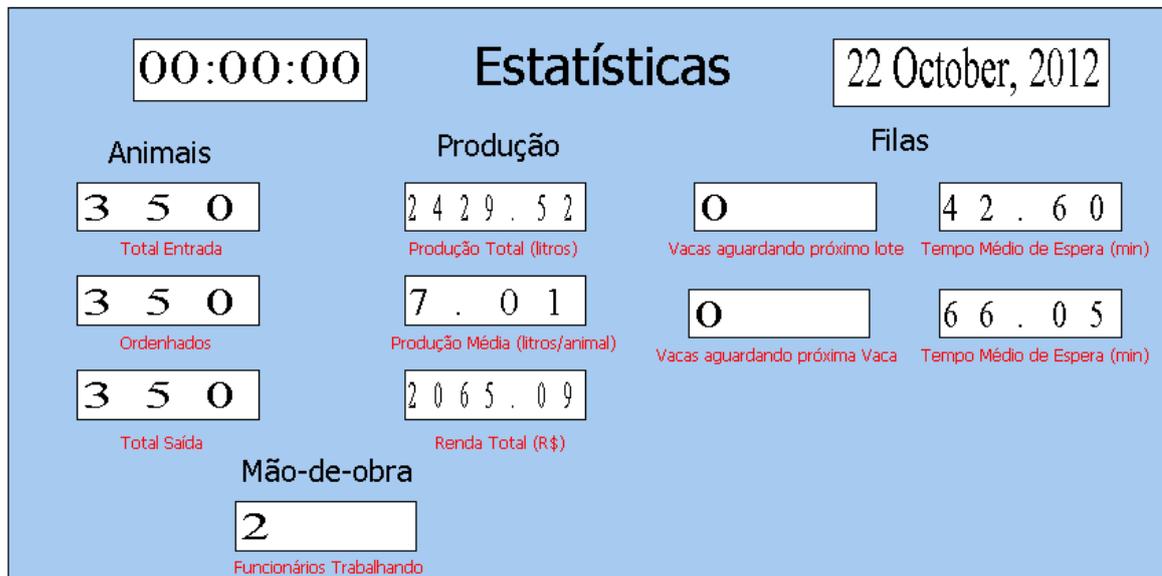


Figura 27: Dados estatísticos do Cenário II

Como resultado do aumento do número de funcionários, pode-se observar que os tempos médios das filas caíram, e a produção nos 7 dias respeitou o fator limitante de 750 litros a cada 2 dias.

5.2.2 Resultados do Cenário II

O resultado deste cenário foi atingido, pois quantidade máxima de leite foi produzida, utilizando-se as instalações da Fazenda, porém, pode-se observar outro fator que não foi totalmente utilizado, os funcionários não trabalhavam as 8 horas, pois não existiam mais vacas para serem ordenhadas, ainda assim, a utilização média foi melhor que o Cenário I, o que pode ser comprado pelo relatório da Figura 28.

Resource	
Usage	
Instantaneous Utilization	
	Average
Funcionario	0.4086
Number Busy	
	Average
Funcionario	0.8171

Figura 28: Taxa de Utilização dos Recursos - Cenário II

Os resultados obtidos do Cenário II encontram-se na tabela 11.

Tabela 11: Resultados do Cenário II

Cenário	Cenário II (Max. Produção)
Funcionários	2
Animais	50
Tipo de Ordenha	Manual
Tempo de Simulação	7 dias
Rotina de Trabalho	8 horas diárias
Produção	2429,52 litros
Renda	R\$ 2.065,09
Ocupação média do funcionário	40,86%
Maior Tempo Médio em Fila	66 minutos
Maior Quantidade Média em Fila	6,32 vacas

5.3 Cenário III

Como no Cenário II, mesmo com a produção maximizada, a utilização dos funcionários não era completa, visou-se a criação de outro cenário, onde todos os fatores limitantes anteriores fossem respeitados, porém com a utilização máxima possível de um funcionário, à fins de comparação e auxílio à tomada de decisão.

A mudança neste cenário em relação ao Cenário I, será o aumento do número de animais, explorando o máximo a capacidade do funcionário, buscando a maior produção possível, e respeitando os fatores limitantes. Na Figura 29 observa-se a mudança no módulo *Create* para uma simulação novamente de 7 dias.

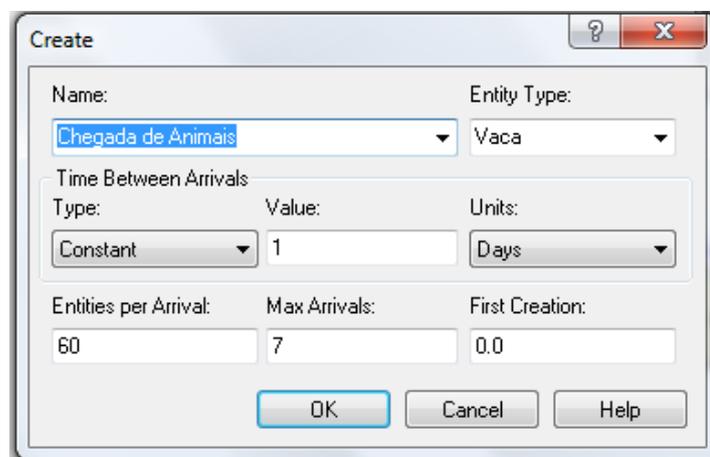


Figura 29: Módulo Create do Cenário III

5.3.1 Análise do Cenário III

Após a simulação dos dois primeiros cenários, este cenário aumentará ainda mais o número de vacas, porém a produção não se mostrou tão grande, devido a falta de recursos (apenas 1 funcionário), mas ainda mostrou-se significativa. Mais uma vez o relatório estatístico do usuário foi empregado para fim de coleta e análise de dados simulados, que podem ser vistos na Figura 30.

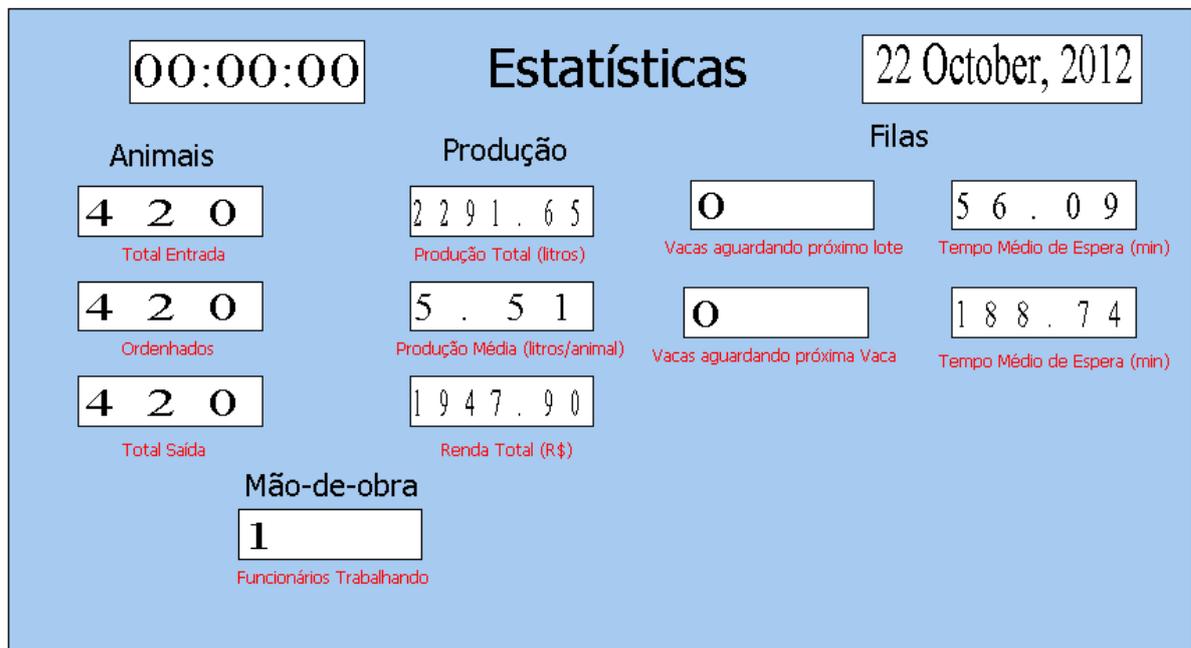


Figura 30: Dados estatísticos do Cenário III

Neste cenário, além dos fatores anteriores, foi preciso acrescentar a rotina de trabalho do funcionário, pois ele não deveria trabalhar mais que 8 horas diárias, observa-se na tabela 12.

Tabela 12: Dados do Cenário III

Cenário	Cenário III (Max. Recursos)
Funcionários	1
Salários	R\$ 250 semanais/funcionário
Animais	60
Tipo de Ordenha	Manual
Fator Limitante	8 horas de trabalho diário
Fator Limitante	Tanque de 750 Litros (2 dias)
Rotina de Trabalho	8 horas diárias

5.3.2 Resultados do Cenário III

Ao fim desta simulação, conseguiu-se obter os resultados esperados, os quais visavam, além de manter uma produção significativa, utilizar o máximo possível dos recursos, como mostra o relatório da Figura 31.

Resource	
Usage	
Instantaneous Utilization	Average
Funcionario	0.9757
Number Busy	Average
Funcionario	0.9757

Figura 31: Taxa de utilização de recursos - Cenário III

Porém, como mostrado na Figura 30, as médias de tempos em fila foram muito maiores que em outros cenários, gerando um desgaste ainda maior para os animais que seriam ordenhados. Os resultados finais do Cenário III encontram-se na Tabela 13.

Tabela 13: Resultados do Cenário III

Cenário	Cenário III(Max. Recursos)
Funcionários	1
Animais	60
Tipo de Ordenha	Manual
Tempo de Simulação	7 dias
Rotina de Trabalho	8 horas diárias
Produção	2291,65 litros
Renda	R\$ 1.947,90
Ocupação média do funcionário	97,57%
Maior Tempo Médio em Fila	188 minutos
Maior Quantidade Média em Fila	22,91 vacas

5.4 Comparação entre os Cenários

Em cada cenário simulado neste trabalho, focou-se em atingir um objetivo trivial, seja ele, expor a realidade, maximizar a produção, ou maximizar a utilização de recursos. Logo, em cada cenário, devem-se extrair informações para o auxílio à tomada de decisão, ou seja, qual caminho tomar, e em qual situação deve-se focar investimentos e trabalho.

Outro objetivo deste trabalho é simular a aplicação do processo de ordenha mecânica, visando sua viabilidade, porém, será escolhido primeiramente, o melhor cenário para sua aplicação, mostrando os pontos positivos e negativos de cada cenário, que são mostrados na Tabela 14.

Tabela 14: Comparação entre os Cenários I, II e III

Comparação entre Cenários			
Cenário	Cenário I (Real)	Cenário II (Max. Produção)	Cenário III(Max. Recursos)
Funcionários	1	2	1
Animais	20	50	60
Tipo de Ordenha	Manual	Manual	Manual
Tempo de Simulação	7 dias	7 dias	7 dias
Rotina de Trabalho	8 horas diárias	8 horas diárias	8 horas diárias
Produção	765,61 litros	2429,52 litros	2291,65 litros
Renda	R\$ 650,94	R\$ 2.065,09	R\$ 1.947,90
Despesas (funcionários)	R\$ 250,00	R\$ 500,00	R\$ 250,00
Receita Bruta	R\$ 400,94	R\$ 1.565,09	R\$ 1.697,90
Ocupação média do funcionário	31,97%	40,86%	97,57%
Maior Tempo Médio em Fila	78 minutos	66 minutos	188 minutos
Maior Quantidade Média em Fila	1,64 vacas	6,32 vacas	22,91 vacas
Pontos Positivos	Menor Investimento Menor desgaste de Animais	Maior Produção Menores Filas	Maior Lucro Maior Ocupação de Recursos
Pontos Negativos	Menor Lucro Menor Produção	Maiores Despesas Lucro Inferior	Maiores Filas Maior Desgaste de Animais

5.5 Cenário IV

Para a elaboração da simulação utilizando o processo de ordenha mecânica, foram analisados os três cenários anteriores, a fim de aplicar a comparação entre os dois tipos de ordenha. Por se tratar de um investimento caro, optou-se pela aplicação no Cenário III, o qual apresenta o maior lucro bruto, podendo assim, compensar o investimento em menor tempo.

Em relação ao Arena, as únicas mudanças no processo, foram a troca da equação de distribuição do processo de Ordenhar, o qual agora passará a utilizar os tempos cronometrados em um rancho experimental de ordenha mecânica, o Rancho Matão. Os recursos utilizados neste processo foram reduzidos a metade também, pois a utilização de ordenha mecânica possibilita extrair leite de duas vacas ao mesmo tempo, utilizando-se

apenas um funcionário. A Figura 32 mostra as mudanças no módulo *Process* do processo de ordenhar.

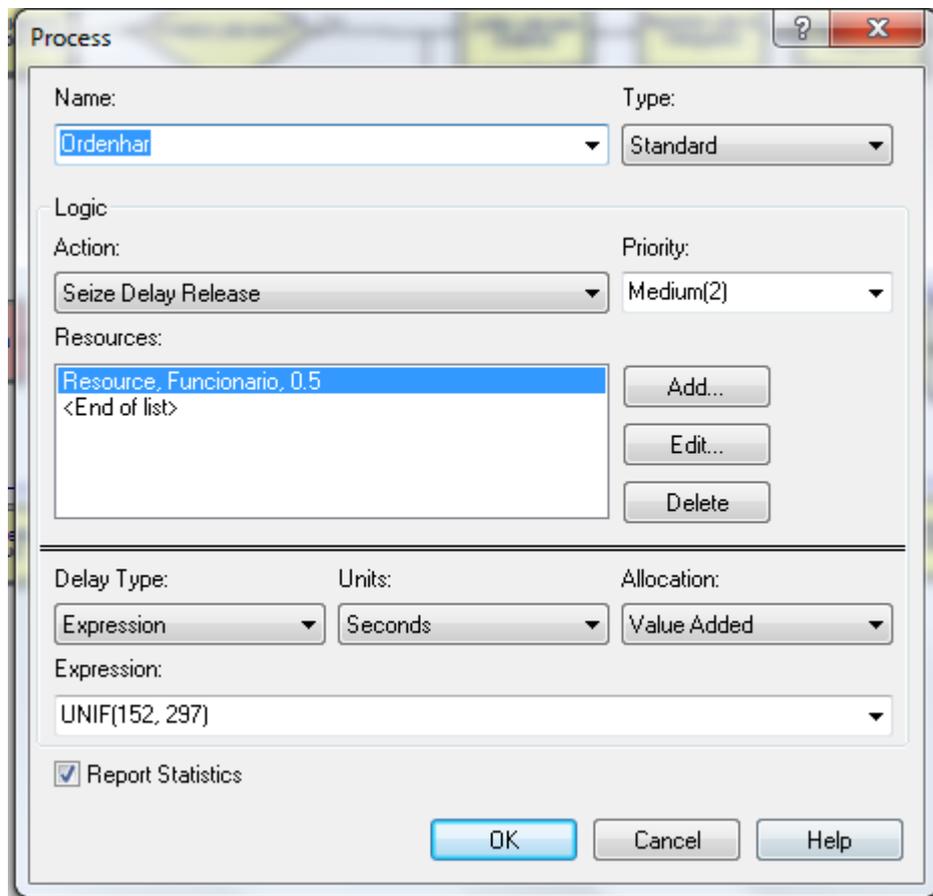


Figura 32: Processo de Ordenhar no Cenário IV

5.5.1 Análise do Cenário IV

A principal função deste Cenário, é obter a comparação de resultados, para que seja possível auxiliar a tomada de decisão, visando instalar ou não uma ordenha mecânica na fazenda em questão. Os dados do cenário IV encontram-se na Tabela 15.

Tabela 15: Dados do Cenário IV

Cenário	Cenário IV (Ordenha Mecânica)
Funcionários	1
Salários	R\$ 250 semanais/funcionário
Animais	60
Tipo de Ordenha	Mecânica
Fator Limitante	8 horas de trabalho diário
Fator Limitante	Tanque de 750 Litros (2 dias)
Rotina de Trabalho	8 horas diárias

Embora inicialmente, a mudança de apenas um processo na simulação toda parece insignificante, os dados coletados no relatório estatístico do usuário apresentaram uma grande diferença com relação ao Cenário III, como mostra a Figura 33.

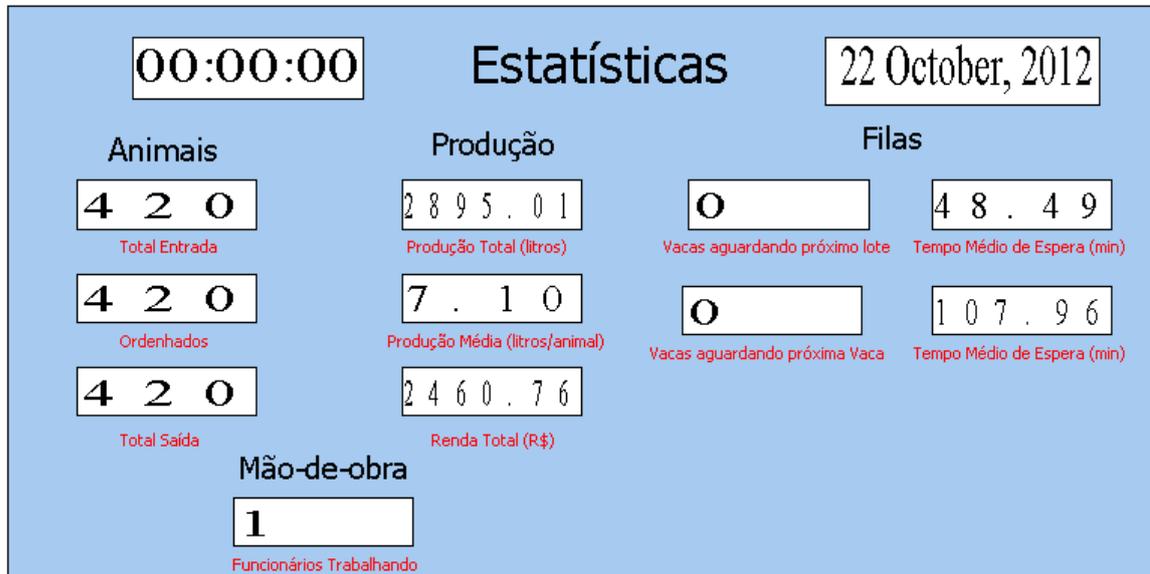


Figura 33: Dados estatísticos do Cenário IV

5.5.2 Resultados do Cenário IV

Com a aplicação da ordenha mecânica, pode ser notado um aumento de produção em relação ao Cenário III, assim como a diminuição de filas, e o menor uso do funcionário, que pode ser visualizado no relatório do Arena (Figura 34).

Resource	
Usage	
Instantaneous Utilization	Average
Funcionario	0.5947
Number Busy	Average
Funcionario	0.5947

Figura 34: Taxa de utilização de recursos - Cenário IV

Os resultados da simulação obtidos neste Cenário estão mostrados na Tabela 16.

Tabela 16: Resultados do Cenário IV

Cenário	Cenário IV (Ordenha Mecânica)
Funcionários	1
Animais	60
Tipo de Ordenha	Mecânica
Tempo de Simulação	7 dias
Rotina de Trabalho	8 horas de trabalho diário
Produção	2895,01 litros
Renda	2460,76
Ocupação média do funcionário	59,47%
Maior Tempo Médio em Fila	107,96
Maior Quantidade Média em Fila	12,59 vacas

5.6 Comparação entre Cenários III e IV

A última etapa deste trabalho, é comparar o melhor cenário escolhido para a ordenha manual, com a sua simulação em ordenha mecânica. Para isto, foram analisados quesitos, como produção, lucro, tempos médios em fila, e quantidade de animais em fila. A comparação pode ser vista na Tabela 17.

Tabela 17: Comparação entre os Cenários III e IV

Comparação entre Cenários		
Cenário	Cenário III(Max. Recursos)	Cenário IV (Ordenha Mecânica)
Funcionários	1	1
Animais	60	60
Tipo de Ordenha	Manual	Mecânica
Tempo de Simulação	7 dias	7 dias
Rotina de Trabalho	8 horas diárias	8 horas diárias
Produção	2291,65 litros	2895,01 litros
Renda	R\$ 1.947,90	R\$ 2.460,76
Despesas (funcionários)	R\$ 250,00	R\$ 250,00
Receita Bruta	R\$ 1.697,90	R\$ 2.210,76
Ocupação média do funcionário	97,57%	59,47%
Maior Tempo Médio em Fila	188 minutos	108 minutos
Maior Quantidade Média em Fila	22,91 vacas	12,59 vacas

6 CONCLUSÃO

Este trabalho focou-se na simulação dos processos produtivos em uma fazenda leiteira, com a função de mostrar diferentes cenários que auxiliassem a tomada de decisão por parte do proprietário, com relação a investimentos, uso de recursos e contratação de funcionários.

Utilizando-se do *Software* Arena de simulação, pôde-se simular quatro diferentes cenários, cada um com um objetivo diferente, mostrando também o quão flexível pode ser as tomadas de decisão, de acordo com a vontade do usuário.

No Cenário I, buscou-se apenas validar o sistema de simulação com os dados reais obtidos, e os resultados foram bastante satisfatórios. A produção simulada aproximou-se da produção fornecida pelos funcionários da fazenda, assim como seus tempos de processo. Como resultado, percebeu-se que haviam muitos recursos disponíveis neste cenários que ainda poderiam ser utilizados, como o aumento do número de animais, para que o funcionário pudesse trabalhar mais tempo de seu dia na ordenha de leite.

No segundo Cenário, buscou-se utilizar o sistema disponível de simulação, para maximizar a produção leiteira, a qual era limitada pelo tamanho do tanque de resfriamento de leite disponível na fazenda. Como o foco deste trabalho, não era prever um investimento em outros maquinários, além da ordenha mecânica, foi utilizado o tamanho deste tanque para limitar a produção máxima em um período de dois dias. Para a simulação deste cenário, extrapolou-se a contratação de mais um funcionário, totalizando dois na fazenda, e com apenas 50 animais, a produção conseguiu alcançar o maior valor possível, dentro das limitações dispostas. Os resultados obtidos foram menores tempos de espera, o que resultaria num menor esforço por parte dos animais. Porém o lucro deste cenário não era satisfatório, já que a contratação de outro funcionário resultaria em maiores encargos trabalhistas e despesas.

Por conseguinte, buscou-se então simular um Cenário onde fosse possível maximizar a produção, utilizando-se um funcionário somente. Neste caso, o desgaste tanto do funcionário quanto dos animais foi altíssimo, assim como os tempos de fila dos processos. Como resultado, foi obtido o maior lucro dos 3 cenários disponíveis. Razão pela qual este cenário foi escolhido para a simulação da utilização de ordenha mecânica no processo.

O Cenário IV, foi simulado utilizando os tempos de ordenha mecânica coletados em outra fazenda, porém, como o processo era o mesmo, esses tempos foram utilizados à fim de obter-se uma comparação entre o melhor cenário de ordenha manual da fazenda.

Por fim, ficaram claras as vantagens da aplicação desta tecnologia no processo de ordenha, pois por meio dele, a produção foi maior e conseqüentemente os lucros. Os tempos em fila, e número de animais em fila foram menores do que comparados ao Cenário III, assim como a ocupação do funcionário, o qual poderia dedicar o tempo livre em outras atividades da fazenda.

Ainda é necessário elaborar um estudo aprofundado de custo, para que seja possível estabelecer um tempo de retorno de um investimento como este, que giraria em torno de quatro mil reais, porém, além de todas as melhorias de produtividade, a ordenha mecânica agride menos as vacas, já que não existe contato entre o funcionário e os tetos. O processo também é mais limpo, pois a extração é feita à vácuo. Pode-se ainda encurtar o processo, com a instalação de canos que ligariam o balde de extração de leite, diretamente com o tanque de resfriamento.

Concluindo, pode-se afirmar que a simulação é uma ferramenta que mostra diferentes tipos de decisão, e possibilita ao gestor analisar diferentes pontos de vista num mesmo cenário, sem grandes investimentos.

7 REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. L. **Introdução a Pesquisa Operacional: métodos e modelos para a análise de decisão**. Rio de Janeiro: LTC 2 ed., 2004. 276p.

ARAUJO, L. C. **Manual do Arena 9.0**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina., 2006. 76p.

Arena Simulation Software Home Page. Disponível em
< <http://www.arenasimulation.com/>> Acesso em 26 de agosto de 2012.

DÁVALOS, R. V. **Simulação de Sistemas de Produção: Arena**. Florianópolis: Universidade do Sul de Santa Catarina., 2008. 60p.

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à Modelagem e simulação de sistemas: com aplicações em Arena**. Florianópolis: Visual Books 1 ed., 2001. 322p.

IBGE. **Censo Agropecuário 1996-2006**. Rio de Janeiro, RJ, 2006. 146p

MOORE, JEFREY H. **Tomada de decisão em administração com planilhas eletrônicas**. Porto Alegre: Bookman 6 ed., 2005. 643p.

MINISTÉRIO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução Normativa n° 51**. Brasília, DF, 18 de Setembro de 2002.

PRADO D. S. **Usando o Arena em Simulação**. Belo Horizonte: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2004. 205p, ISBN 85-98254-04-5

VICENTO, ALOÍSIO. Políticas para o Agronegócio do Leite. Agência de Informação Embrapa, Brasília 2007. Disponível em:
<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia8/AG01/arvore/AG01_31_217200392358.html> Acesso em 01 de abril de 2012.

YIN, Robert (1994). *Case Study Research: Design and Methods* (2ª Ed) Thousand Oaks, CA: SAGE Publications

Universidade Estadual de Maringá
Departamento de Engenharia de Produção
Av. Colombo 5790, Maringá-PR CEP 87020-900
Tel: (044) 3011-4196/3011-5833 Fax: (044) 3011-4196