



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

REGINALDO HUGO SZEZUPIOR DOS SANTOS

**Modelo de Gestão de Predição de Falhas no
Gerenciamento da Infraestrutura de *Datacenter***

Ilha Solteira

2014

REGINALDO HUGO SZEZUPIOR DOS SANTOS

**Modelo de Gestão de Predição de Falhas no
Gerenciamento da Infraestrutura de *Datacenter***

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia do
Campus de Ilha Solteira – UNESP como parte
dos requisitos para obtenção do título de Doutor
em Engenharia Elétrica.

Profº. DR. NOBUO OKI
Orientador

Profº. DR. JOZUÉ VIEIRA FILHO
Co-orientador

Ilha Solteira

2014

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S237m Santos, Reginaldo Hugo Szezupior dos.
Modelo de gestão de predição de falhas no gerenciamento da infraestrutura de datacenter / Reginaldo Hugo Szezupior dos Santos. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2014
116 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Automação, 2014

Orientador: Nobuo Oki
Co-orientador: Jozué Vieira Filho
Inclui bibliografia

1. Infraestrutura de datacenter. 2. Gerenciamento. 3. ITIL. 4. Predição de falhas.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Modelo de Gestão de Predição de Falhas no Gerenciamento da Infraestrutura de Datacenter

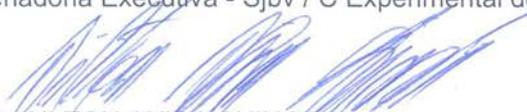
AUTOR: REGINALDO HUGO SZEZUPIOR DOS SANTOS

ORIENTADOR: Prof. Dr. NOBUO OKI

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. JOZUE VIEIRA FILHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM ENGENHARIA ELÉTRICA, Área: AUTOMAÇÃO, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. JOZUE VIEIRA FILHO
Coordenadoria Executiva - Sjbv / C Experimental de São Joao Da Boa Vista


Prof. Dr. AILTON AKIRA SHINODA
Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Profa. Dra. ANNA DIVA PLASENCIA LOTUFO
Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. VALTEMIER EMERENCIO DO NASCIMENTO
Departamento de Área de Informática / Instituto Federal do Mato Grosso


Prof. Dr. RUY DE OLIVEIRA
Departamento de Área de Informática / Instituto Federal do Mato Grosso

Data da realização: 20 de fevereiro de 2014.

Dedico essa tese a todos meus familiares, em especial, a minha esposa Alexandra e a minha filha Isabela pelo apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me mantido no meu caminho, demonstrando minha fé e perseverança em finalizar mais essa jornada, que me deu forças nos momentos difíceis, para que tudo saísse justo e perfeito.

A minha esposa Alexandra e a minha filha Isabela, pela força incondicional, por me estimular sempre para chegar até esse momento final.

Aos meus orientadores, professores Dr. Nobuo Oki e Dr. Jozué Vieira Filho pela amizade, ensinamentos, compreensão na minha orientação e principalmente pela acolhida no momento mais difícil da minha vida acadêmica.

A meus pais, irmãos e minha sogra pelo incentivo, orações e torcida para a realização desse sonho.

Aos colegas da UNESP e IFMT pela ajuda e incentivo nos estudos das disciplinas.

À todos os colegas da Ilha, em especial, Mário e Lucas, pelo incentivo, pelas caminhadas e companhias, nos períodos de estadia na Ilha Solteira.

À CAPES pelo apoio financeiro durante o afastamento para pesquisa, desenvolvimento e escrita da tese.

AO CEPROMAT pela licença capacitação e autorização da realização da pesquisa na infraestrutura, em especial ao Diretor Wilson Teixeira Dentinho e ao Gerente de Infraestrutura, meu amigo, Cirano Campos.

Aos companheiros de laboratório de pesquisa no IFMT, Adriano, Ibrahim e Vinicius pela dedicação ao projeto, em especial ao meu amigo Alexandre Torrezam.

Aos membros da banca examinadora pela colaboração e sugestões para a versão final.

RESUMO

Neste trabalho propõe-se um modelo de gestão de previsão de falhas para gerenciamento de infraestrutura de *Datacenter*, tendo como base as boas práticas de gerenciamento de infraestrutura de TI (Tecnologia da Informação). O modelo leva a um sistema que monitora o *datacenter* e detecta eventuais problemas nos equipamentos legados, evitando, assim, que os mesmos entrem em colapso. Baseado na biblioteca ITIL, mas com foco apenas nos módulos mais pertinentes aos objetivos do trabalho, o modelo foi implementado e usado para monitorar equipamentos legados de um determinado *Datacenter*, permitindo o armazenamento de informações que puderam ser coletadas à distância e usadas para prevenir problemas envolvidos com os dados monitorados. O sistema, obtido a partir do modelo, é composto por 3 (três) dispositivos básicos: *End Device*, *Rack Device* e *Power Device*. Os resultados apresentados mostram que o sistema é viável e pode ser aplicado com eficiência em aplicações reais.

Palavras-Chave: Infraestrutura de datacenter. Gerenciamento. ITIL. Previsão de falhas.

ABSTRACT

This paper proposes a management model for predicting failures in Datacenter infrastructure management, based on the good practices for managing IT (Information Technology) infrastructure. The model refers to a system that monitors the Datacenter and detects faults in legacy equipment, thereby, avoiding that they collapse. Based on the ITIL library, but focusing only on the most relevant modules to the work objectives, the model was implemented and used to monitor legacy equipment for a particular Datacenter, allowing the information storage that could be collected remotely and used to prevent problems involved with the monitored data. The practical system, obtained from the model is composed of three (3) basic devices: End Device, Device Rack and Power Device. The results show that the system is feasible and can be applied effectively in actual applications.

Keywords: Infrastructure datacenter. Management. ITIL. Fail predictive.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	JUSTIFICATIVAS	17
1.2	OBJETIVOS	18
1.2.1	Objetivo Geral	18
1.2.2	Objetivos Específicos	18
1.3	ESTRUTURA DO TEXTO	18
2	GERENCIAMENTO DE INFRAESTRUTURA DE DATACENTERS: uma visão geral	20
2.1	INFRAESTRUTURA DOS DATACENTERS	21
2.2	MODELOS E ARQUITETURAS DE GERENCIAMENTO DA INFRAESTRUTURA DO <i>DATACENTER</i>	24
2.3	GERENCIAMENTO DE SERVIÇOS DE TI	24
2.3.1	A BIBLIOTECA DE INFRAESTRUTURA PARA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO - ITIL	26
2.3.2	ISO/IEC 20.000	27
2.3.3	CMMI-SVC	28
2.4	GERENCIAMENTO DE APLICAÇÕES ELÉTRICAS E TÉRMICAS NA INFRAESTRUTURA DO <i>DATACENTER</i>	29
2.5	REDES SEM FIO NA INFRAESTRUTURA DO <i>DATACENTER</i>	36
3	PROPOSTA DE MODELO DE GESTÃO DE PREDIÇÃO DE FALHAS NO GERENCIAMENTO DA INFRAESTRUTURA DE DATACENTER	37
3.1	GESTÃO DA CONFIGURAÇÃO	38
3.2	GESTÃO DE HARDWARE	39
3.2.1	Itens de Configuração (IC)	40
3.2.2	Segurança na gestão de hardware	42
3.3	GESTÃO DA COMUNICAÇÃO	42
3.3.1	Topologia	43
3.3.2	Protocolos de comunicação	44
3.3.3	Segurança na gestão da comunicação	48
3.4	GESTÃO DE INCIDENTES	48
3.5	GESTÃO DE PROBLEMAS	50
3.6	GESTÃO DA APLICAÇÃO	51
3.6.1	Arquitetura da aplicação	52
3.6.2	Segurança na gestão da aplicação	58
3.6.3	Interatividade	59
3.6.4	Predição	59
3.7	GESTÃO DA INFRAESTRUTURA DO DATACENTER	60
3.7.1	Monitoramento e Controle do Datacenter	60
3.7.2	Operacionalização do Datacenter	62
4	IMPLEMENTAÇÃO E TESTES	64

4.1	MÓDULO DE GESTÃO DE HARDWARE	64
4.1.1	Fonte de Alimentação	65
4.1.2	Microcontrolador	66
4.1.3	Relógio de Tempo Real	67
4.1.4	Comunicação sem fio	67
4.1.5	Cartão de Memória	68
4.1.6	Visualização de Eventos	69
4.1.7	Sensores	71
4.1.8	Dispositivos desenvolvidos	72
4.2	MÓDULO DE GESTÃO DE COMUNICAÇÃO	78
4.3	MÓDULO DE GESTÃO DA APLICAÇÃO	78
4.3.1	Infraestrutura de desenvolvimento da aplicação.....	78
4.3.2	Fase de implementação e testes do modelo	80
4.3.3	Interação	87
4.3.4	Predição	87
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS REALIZADOS NO DATACENTER DO CEPROMAT.....	88
5.1	CENÁRIO IMPLEMENTADO.....	89
5.2	RESULTADOS DAS ANÁLISES	91
6	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	95
6.1	CONCLUSÕES	95
6.2	EVOLUÇÃO DO PROJETO	97
6.3	TRABALHOS FUTUROS	97
6.3.1	Aspectos de segurança de hardware	97
6.3.2	Análise de componentes principais	98
6.3.3	Predição de falhas com a utilização de modelos inteligentes	98
6.3.4	Utilização de robôs	98
6.3.5	Dispositivos para outros tipos de equipamentos.....	98
6.3.6	Implantação do modelo em outras instituições.....	99
	REFERÊNCIAS	100
	APÊNDICE A – ESQUEMAS ELÉTRICOS GERAIS	104
	APÊNDICE B – CÓDIGOS FONTES DOS DISPOSITIVOS	107
	APÊNDICE C – CÓDIGOS FONTES DAS APLICAÇÕES	108
	APÊNDICE D – BANCO DE DADOS DO MODELO.....	109
	APÊNDICE E – DIAGRAMA DE CLASSES.....	114
	APÊNDICE F – FLUXOGRAMA DO PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO DOS DISPOSITIVOS	115
	APÊNDICE G – PUBLICAÇÕES	116

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Carga de Calor em <i>Datacenters</i> ao longo dos anos.	16
Figura 2 – Topologia de <i>Datacenter</i>	22
Figura 3 – Pesquisa sobre adoção de práticas de Gerenciamento de Serviços de TI.	26
Figura 4 – Mapeamento dos componentes ITIL com processos do CMMI-SVC.	29
Figura 5 – Esquema típico de comportamento térmico em um <i>Datacenter</i>	30
Figura 6 – Modelo de Gestão de Predição de Falhas no Gerenciamento da Infraestrutura de <i>Datacenter</i>	37
Figura 7 – Topologia estrela da rede sensores sem fio proposta no modelo.	43
Figura 8 – Exemplo de pacote gerado por dispositivo.	44
Figura 9 – Diagrama de Transição de Estados do Dispositivo.	46
Figura 10 – Fluxo da Comunicação entre os Dispositivos e o Servidor de Aplicação.	47
Figura 11 – Modelo conceitual e estrutural.	52
Figura 12 – Modelo de dados na visão conceitual.	55
Figura 13 – Classes do modelo PROGRIDA.	56
Figura 14 – Arquitetura de implementação com o MVC.	57
Figura 16 – Interfaces para Monitoramento e Controle.	61
Figura 17 – Diagrama de Blocos dos Dispositivos.	64
Figura 18 – Esquema elétrico do bloco fonte dos dispositivos.	65
Figura 19 – Esquema elétrico do bloco microcontrolador do <i>End Device</i>	66
Figura 20 – Esquema elétrico do bloco relógio de tempo real.	67
Figura 21 – Esquema elétrico do bloco comunicação sem fio.	68
Figura 22 – Esquema elétrico do bloco cartão de memória dos dispositivos.	69
Figura 23 – Esquema elétrico para visualização de eventos com LEDs.	70
Figura 24 – Esquema elétrico para visualização de eventos com Display LCD.	70
Figura 25 – Esquema elétrico do sensor de temperatura.	71
Figura 26 – Esquema elétrico do sensor de corrente contínua.	72
Figura 27 – Esquema elétrico do sensor de corrente alternada - transformadores.	72
Figura 28 – <i>Layout</i> e projeto 3D do dispositivo <i>End Device</i>	73
Figura 29 – Imagem do dispositivo <i>End Device</i>	74
Figura 30 – <i>Layout</i> e projeto 3D do dispositivo <i>Rack Device</i>	75
Figura 31 – Imagens do dispositivo <i>Rack Device</i>	76
Figura 32 – <i>Layout</i> e projeto 3D do dispositivo <i>Power Device</i>	77
Figura 33 – Imagem do dispositivo <i>Power Device</i>	78
Figura 34 – Topologia da infraestrutura de desenvolvimento da aplicação	79
Figura 35 – Interface do <i>Eclipse</i> para o desenvolvimento no padrão MVC.	81
Figura 36 – Parte da estrutura da programação orientada a objeto no Java.	82
Figura 37 – Informações do banco de dados no <i>pgAdmin III</i>	83
Figura 38 – Exemplo da Interface para Dispositivos Móveis do <i>EndDevice</i>	84
Figura 39 – Tela principal da Aplicação Web.	85
Figura 40 – Interface dos Itens Configurações.	86
Figura 41 – Ambiente de Servidores do <i>Datacenter</i> do CEPROMAT.	88

Figura 42 – Ambiente de Servidores Legado do <i>Datacenter</i> do CEPROMAT.	89
Figura 43 – Ambiente de Instalação dos Dispositivos no <i>Datacenter</i>	90
Figura 44 – Um dia monitorado sem ocorrências.....	91
Figura 45 – Dados de registro com uma ocorrência.....	92
Figura 46 – Ascendente ampliada da ocorrência.....	93
Figura 47 – Relação entre os níveis e a série prevista.....	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo dos principais requisitos e disponibilidades de cada <i>Tier Datacenter</i>	23
Tabela 2 – Estados do protocolo de comunicação dos dispositivos.....	45
Tabela 3 – Tabela valores de referência por faixa dos Itens de Configuração.....	49
Tabela 4 – Tabela de classificação de incidentes do modelo.	50
Tabela 5 – Tabela de classificação de problemas do modelo.....	50
Tabela 6 – Lista de requisitos do modelo.	54
Tabela 7 – Tabela de equipamentos instalados.	90
Tabela 8 – Dados dos dispositivos – Números de registros	91

LISTA DE ABREVIATURAS

AC	Corrente Alternada
ACP	Análise dos Componentes Principais
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANSI	American National Standards Institute
BDGC	Base de Dados do Gerenciamento da Configuração
BS	British Standards
BSI	British Standards Institution
CE	Controlador de Eficiência
CMF	CMMI Model Foundation
CMMI	Capability Maturity Model Integration
CMMI-ACQ	CMMI for Acquisition
CMMI-DEV	CMMI for Development
CMMI-SVC	CMMI for Services
CO ₂	Dióxido de Carbono
CRAC	Computer Room Air Conditioning
CRUD	Create, Read, Update e Delete
DIN	Digital Input
DO	Digital Output
DVFS	Dynamic Voltage and Frequency Scaling
EDA	Equipment Distribution Area
EIA	Energy Information Administration
EM	Gerente de Gabinete
EPO	Emergency Power Off
ER	Entrance Room
EUA	Estados Unidos da América
FCS	Fatores Críticos de Sucesso
GLCD	Graphical Liquid Crystal Display
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
HC	Horizontal Cross-connect
HDA	Horizontal Distribution Area

HPC	High Performance Computing
PC	Inter Integrated Circuit
IC	Itens de Configuração
IDC	International Data Corporation
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IFMT	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
IPS	Internet Service Provider
IRUP	IBM Rational Unified Process
ISO	International Organization for Standardization
ITIL	Information Technology Infrastructure Library
JSF	Java Server Faces
KPI	Key Performance Indicator
LCD	Liquid Crystal Display
LED	Light Emitting Diode
LTSP	Linux Terminal Service Project
MD5	Message Digest Algorithm Vs 5
MDA	Main Distribution Area
MVC	Model View Controller
OGC	Office Government Commerce
PCA	Principal Component Analysis
POPs	Procedimentos Operacionais Padrão
PROGRIDA	Predição de Gerenciamento de Infraestrutura de Datacenter
PTM	Power and Thermal Management
QoE	Quality of Experience
RFC	Request for Comments
RFID	Radio-frequency IDentification
RSSF	Redes de Sensores Sem Fio
RTC	Relógio de Tempo Real
SCL	Serial Clock
SDA	Serial Data Line
SEFAZ	Secretaria Estadual de Fazenda
SEI	Software Engineering Institute

SESP	Secretaria Estadual de Segurança Pública
SLA	Service Level Agreement
SM	Gerente de Servidor
SMS	Short Message Service
TCO	Total Cost Ownership
TI	Tecnologia da Informação
TIA	Telecommunications Industry Association
TRT	Tribunal Regional do Trabalho
UML	Unified Modeling Language
UPS	Uninterruptible Power Supply
Vac	Voltagem Corrente Alternada
Vcc	Voltagem Corrente Contínua
VCM	Controlador de Máquina Virtual
Vdc	Voltage Direct Corrent
VM	Virtual Machine
VRIC	Valor de Referência dos Itens de Configuração
ZDA	Zone Distribution Area

1 INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica propiciou a implantação de um grande número de *Datacenters* em todo o mundo. Os aparatos computacionais modernos que eram restritos somente às grandes corporações financeiras podem, nos dias de hoje, ser encontrados em diferentes instituições públicas e privadas, o que gera uma demanda significativa para gestão da infraestrutura tecnológica instalada.

Segundo Pakbaznia et al. (2010), os *Datacenters* compõem as infraestruturas da computação em nuvem disponíveis hoje e fornecem o suporte para uma ampla gama de aplicações e serviços, que inclui: redes sociais e de negócios, *Webmail*, pesquisa *Web*, transferência eletrônica de fundos, *internet marketing*, processamento de transações *on-line*, automatização de dados de sistemas de recolha, Computação de Alto Desempenho (HPC), etc.

As cargas de trabalho de *Datacenters* corporativos normalmente apresentam um padrão repetitivo, com um período da ordem de horas, dias, semanas e assim por diante.

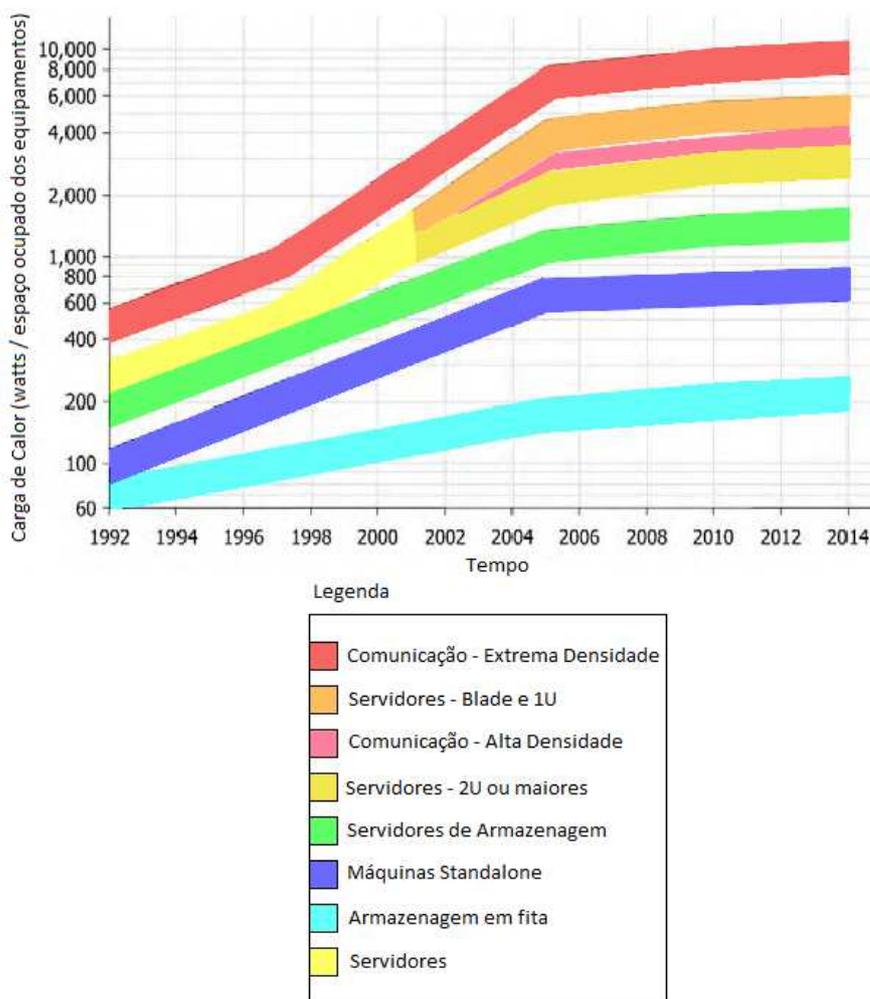
A crescente demanda por serviços baseados na *Internet* tem feito as instalações de *Datacenters* crescerem rapidamente, porém este crescimento contínuo de *Datacenters* é agora impedido pelas suas insustentáveis (e crescentes) necessidades de energia. Além do consumo de energia e custos associados aos *Datacenters*, empresas e governos também estão preocupados com o impacto ambiental de centros de dados, em termos de emissões de dióxido de carbono (CO₂) e do consumo de energias não renováveis. (VISWANATHAN et al., 2011).

Atualmente, um dos problemas encontrados na infraestrutura dos *Datacenters* está relacionado às condições da qualidade da energia elétrica fornecida pelas concessionárias. De acordo com o Módulo Prodist (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, 2008), a tensão disponível na rede de energia deve permanecer dentro de 10%, para mais ou para menos, do valor da tensão nominal. Esta faixa de erro permitida pode ocasionar danos materiais, como a queima de fontes de alimentação dos equipamentos mais antigos de um *Datacenter*, não muito protegidas. Devido à falta de um modelo de gestão preditiva da infraestrutura, as empresas têm trabalhado com ações corretivas que levam a interrupções de processos e prejuízo nas organizações. Neste sentido, um sistema de predição pode monitorar o ambiente do *Datacenter* e minimizar os problemas que podem ser causados pelas variações das tensões, umidade e temperatura.

Segundo Mulay (2009), um sistema simples de climatização de um *Datacenter* pode não ser suficiente para resfriar locais da infraestrutura onde há maior carga de trabalho,

maiores gastos de energia e, por consequência, maior carga de calor. O autor afirma que o calor gerado pelos sistemas de arquivo de *Datacenters* dobrou entre os anos de 2000 a 2004, enquanto que triplicou com relação aos servidores no mesmo período, conforme Figura 1:

Figura 1 – Carga de Calor em *Datacenters* ao longo dos anos.



Fonte: Mulay (2009).

Uma das principais consequências desta corrida tecnológica para as organizações é o enorme volume de recursos tecnológicos aos quais elas são expostas diariamente. Como um dos fatores de sobrevivência, as organizações são obrigadas a incorporar boa parte destes recursos tecnológicos em sua estrutura. Este fato faz com que seu ambiente tecnológico fique, dia após dia, mais complexo e carente de uma boa gestão dos seus ativos tecnológicos e dos processos pertencentes à área de TI.

A área operacional dessas empresas, na sua maioria, trabalha paliativamente, até que se resolva ou minimize os problemas. Esta prática é adotada porque não existem, na literatura, estudos científicos que discutam a ocorrência de possíveis falhas e proponham soluções viáveis. Apesar de a maioria das organizações possuir equipe técnica capacitada, muito tempo ainda é consumido com ações corretivas.

A gestão de infraestrutura pode ser consideravelmente melhorada através da implantação de mecanismos de monitoramento e controles interativos. No caso de aplicação do modelo proposto neste trabalho, não há dúvida de que o gerenciamento da infraestrutura de *Datacenters* e, por consequência, a qualidade dos serviços disponíveis, podem melhorar de maneira significativa. Naturalmente, tal ganho se deve às respostas do sistema, que auxilia na tomada de decisão e sinaliza eventos danosos através de software com capacidade de predição de incidentes.

1.1 JUSTIFICATIVAS

As justificativas para o desenvolvimento desta pesquisa estão relacionadas a fatores econômicos, sociais, ambientais e científicos. Nesse sentido, a implantação do modelo de gestão de predição de falhas no gerenciamento da infraestrutura de *Datacenter* deverá:

- Alterar os aspectos econômicos, normalmente baseados no cumprimento das metas de disponibilidades estabelecidas no SLA¹ para infraestrutura do *Datacenter*, inclusive com a redução do tempo de indisponibilidade de equipamentos legados;
- Reduzir impactos sociais relacionados ao grande número de aplicações disponíveis aos cidadãos que acessam os serviços do *Datacenter*, com menos interrupções;
- Reduzir impactos ambientais, com aumento da vida útil dos equipamentos e consequente redução de lixo tecnológico;
- Gerar impactos científicos, pois a implantação do modelo permitirá obter informações importantes sobre o comportamento da tecnologia dos *Datacenters*,

¹*Service Level Agreement* ou Acordo de Nível de Serviço que é expresso em percentual de disponibilidade do *Datacenter*.

facilitando os estudos e pesquisas sobre predição de falhas e gerenciamento de *Datacenters*.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Apresentar um modelo de gestão de predição de falhas no gerenciamento de infraestrutura de *Datacenter*, aqui resumido como PROGRIDA, que tem como base a biblioteca ITIL (*Information Technology Infrastructure Library*). Com o modelo proposto, espera-se diagnosticar problemas e evitar interrupções não planejadas nos *Datacenters*.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Delinear o estado da arte de métodos e tecnologias utilizados no monitoramento e gestão de *Datacenter*;
- Analisar iniciativas científicas e/ou comerciais de métodos de predição de falhas no gerenciamento de infraestrutura de *Datacenter*;
- Propor um modelo de gestão de predição de falhas no gerenciamento da infraestrutura de *Datacenter* baseado nos estudos realizados;
- Implementar e validar partes do modelo com ferramentas tecnológicas existentes;
- Analisar os testes e resultados obtidos na implantação do modelo no Centro de Processamento de Dados do Estado de Mato Grosso – CEPROMAT.

1.3 ESTRUTURA DO TEXTO

Esta tese, além deste capítulo introdutório, está organizada como segue:

No capítulo dois são abordados alguns aspectos relacionados aos *Datacenters*, que envolvem o estudo da infraestrutura do *Datacenter*, os modelos e arquiteturas de gerenciamento da infraestrutura do *Datacenter* e as boas práticas de gerenciamento de infraestrutura.

No capítulo três é apresentada a proposta de modelo de gestão de predição de falhas no gerenciamento da infraestrutura de *Datacenter*.

No quarto capítulo, apresenta-se a implementação e validação de partes do modelo, assim como as atividades de pesquisas realizadas detalhadamente. Abordam-se também as inovações tecnológicas adotadas nos módulos de gestão propostos, a realização dos testes e os estudos das ferramentas e tecnologias necessárias para viabilizar o modelo proposto.

No capítulo cinco tem-se uma análise dos resultados da implementação do modelo no *Datacenter* do Centro de Processamento de Dados do Estado de Mato Grosso – CEPROMAT.

No capítulo seis apresentam-se as considerações finais, a evolução do projeto de pesquisa e a proposta para trabalhos futuros.

2 GERENCIAMENTO DE INFRAESTRUTURA DE DATACENTERS: uma visão geral

O custo para projetar e construir um *Datacenter* interfere diretamente nas despesas de capital de uma empresa. Este custo é relacionado à exigência de pico de potência do *Datacenter* (BARROSO; HOLZLE, 2009), o que irá determinar a capacidade provisionada de sua infraestrutura elétrica (subestações de serviços públicos, geradores a diesel, unidades de alimentação ininterrupta, etc.). Estimativas sugerem que as empresas gastam de 10 a 25 dólares por watt (BARROSO; HOLZLE, 2009; HAMILTON, 2009) em provisionamento energético, o que independente do consumo efetivo de energia. Isso equivale a vários milhões de dólares gastos com despesas de capital (BHANDARKAR, 2010), esse montante representa mais de um terço na amortização mensal dos custos dos *Datacenters*.

Boa parte desse consumo energético não é direcionada para os equipamentos de TI do *Datacenter* e sim utilizados na infraestrutura de apoio, como equipamentos de refrigeração, ventilação, etc., isso faz com que haja a necessidade de um planejamento cuidadoso acerca das provisões na rede elétrica para atender o *Datacenter*. Estudos em Hamilton (2009) observam que na construção de *Datacenters*, cerca de 80% do custo global é direcionado para o provisionamento de uma infraestrutura energética com alta disponibilidade, e os 20% restantes para a edificação.

A tendência da indústria de hardware em produzir equipamentos, como chips, unidades de processamentos e módulos de controle, cada vez menores, combinada com o aumento na disseminação de calor, tem colaborado substancialmente para o aumento no fluxo de ar quente nos *Datacenters*. Como resultado, a carga de calor por metro quadrado em equipamentos servidores de um *Datacenter* aumentou. Publicações de Ashrae (2005) indicam que no período 2000-2004, a carga de calor para servidores de armazenamento dobrou, enquanto no mesmo período, a carga térmica para os computadores servidores triplicou.

Este capítulo tem por objetivo abordar os conceitos e funcionalidades dos *Datacenters*. Isto envolverá o estudo da sua topologia, os principais aspectos relacionados à sua infraestrutura e arquiteturas, bem como boas práticas para o gerenciamento desta infraestrutura.

2.1 INFRAESTRUTURA DOS DATACENTERS

A construção de *Datacenters*, antes baseada em recomendações de fabricantes e na experiência dos engenheiros e analistas de TI (Tecnologia da Informação), agora segue a regulamentação da norma ANSI/TIA/EIA-942 (AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE- ANSI; TELECOMMUNICATIONS INDUSTRIES ASSOCIATION- TIA; ELECTRONIC INDUSTRIES ALLIANCE- EIA, 2005).

Inicialmente com abrangência apenas nos EUA e agora com espaço nos órgãos regulamentadores em diversos países, inclusive no Brasil, a regulamentação da ANSI/TIA/EIA-942 trata de três tópicos relacionados ao projeto de *Datacenters*: Arquitetura, Comunicação Elétrica e Comunicação Mecânica. A coordenação de cada tópico resulta na construção de um *Datacenter* eficiente.

A estrutura de um *Datacenter* começa pela *Entrance Room* (ER), que é o espaço de interconexão entre o cabeamento estruturado do *Datacenter* e o cabeamento proveniente das operadoras de telecomunicação. O *Datacenter* contém uma área crítica, denominada *Main Distribution Area* (MDA), que é o ponto principal de distribuição do cabeamento geral.

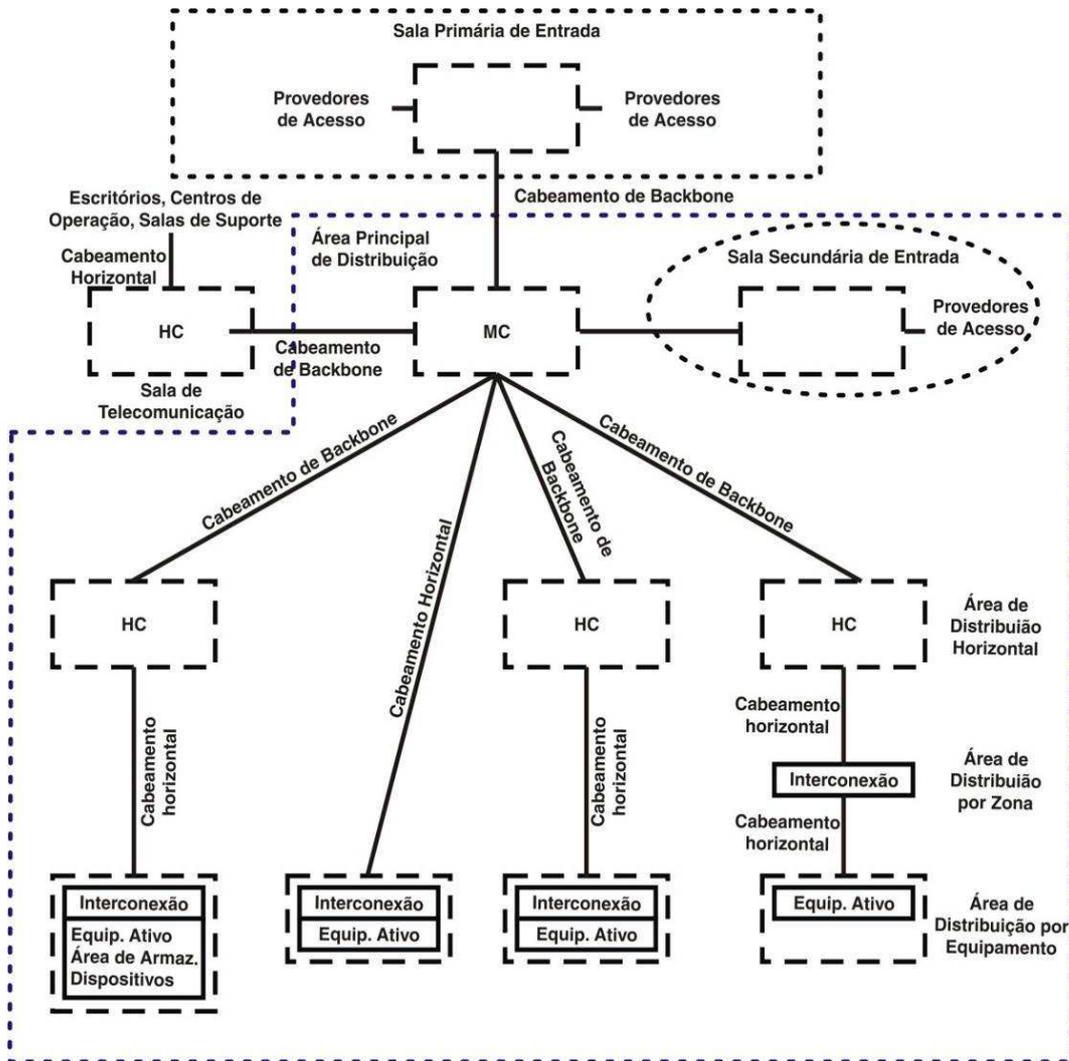
O cabeamento entra em conexão com os equipamentos na *Horizontal Distribution Area* (HDA) através do *Horizontal Cross-connect* (HC) e da *Zone Distribution Area* (ZDA), geralmente posicionada sob o piso elevado, a qual é responsável por dar flexibilidade ao *Datacenter*. Os equipamentos (servidores, *storages*, entre outros) ficam localizados na *Equipment Distribution Area* (EDA). A Figura 2 ilustra a topologia padronizada de um *Datacenter*.

Com a padronização dos projetos, cria-se uma homogeneidade entre as estruturas, independente do fabricante dos equipamentos ou das dimensões diferentes entre *Datacenters*.

A norma ANSI/TIA/EIA-942 ainda classifica os *Datacenters* em níveis de riscos de indisponibilidade chamados *Tiers*.

Tier I Datacenters: são mais suscetíveis à indisponibilidade, seja para atividades planejadas ou não. Apesar de possuir distribuição de energia e climatização adequadas, podem não ter piso elevado, sistema UPS (*Uninterruptible Power Supply* – Suprimento de energia ininterrupto) ou grupo gerador reserva. Tal configuração permite falha na operação, mas, mesmo assim, chega a ficar 99,671% do tempo disponível ao longo de um ano.

Figura 2 – Topologia de *Datacenter*.



Fonte: American National Standards Institute- ANSI; Telecommunications Industries Association- TIA; Electronic Industries Alliance- EIA, (2005)

Tier II Datacenters: possuem componentes redundantes e por isso são ligeiramente menos suscetíveis às interrupções e indisponibilidade, tanto para atividades planejadas quanto para às não planejadas. Possuem piso elevado, sistemas UPS e ainda grupo gerador, entretanto não possuem redundância dos sistemas de distribuição de energia para dentro do *Datacenter*. Por isso, para efetuar eventuais manutenções em partes críticas na distribuição de energia, será necessária a interrupção temporária do sistema. A disponibilidade anual é de no máximo 99,741%.

Tier III Datacenters: permite atividades planejadas de infraestrutura sem gerar indisponibilidade ao sistema. Entendem-se como atividades planejadas as ações preventivas de manutenção, reparos, substituição, adição ou remoção de componentes, assim como teste

de componentes ou sistemas. Estas infraestruturas possuem redundância nos sistemas de climatização e distribuição de energia, possibilitando andamento de alguma das atividades planejadas citadas anteriormente em todas as distribuições, não simultaneamente, de forma a permitir o trabalho sem interrupção do sistema. Apesar dessa facilidade, a infraestrutura ainda poderá sofrer com falhas provenientes de atividades não planejadas ou defeitos espontâneos de componentes. A disponibilidade anual é de, no máximo, 99,982%.

Tier IV Datacenters: têm o mais alto nível de disponibilidade e permitem que se efetue qualquer atividade planejada sem interrupção do funcionamento do sistema. Possui ainda a função de tolerância a falhas que provê a habilidade de manter a infraestrutura em funcionamento em pelo menos um tipo de atividade não planejada ou evento de impacto à carga crítica do sistema. Essa funcionalidade requer caminhos de distribuição redundante de ativos simultâneos, o que significa pelo menos dois sistemas UPS separados, mesmo que cada computador tenha mais de uma entrada de energia. Devido aos códigos de segurança contra fogo e eletricidade, o sistema deverá desligar durante alarmes contra incêndio, para que seja efetuada uma Parada de Emergência (EPO). A disponibilidade anual é de, no máximo, 99,995%.

Tabela 1 – Resumo dos principais requisitos e disponibilidades de cada Tier Datacenter.

Camada	Requisitos	Disponibilidade
<i>Tier I</i>	Infraestrutura Básica com apenas sistema de distribuição de energia e climatização adequados.	99,671%
<i>Tier II</i>	Possui componentes redundantes, piso elevado, sistema UPS e grupo gerador.	99,741%
<i>Tier III</i>	Permite efetuar atividades planejadas de vários segmentos, sem que seja necessário o desligamento do sistema, através de redundância nos caminhos de distribuição de energia.	99,982%
<i>Tier IV</i>	Tem tolerância à falhas e permite que a infraestrutura continue em funcionamento contra algum tipo de atividade não planejada. Possui mais de um sistema UPS e grupo gerador, além de requisitar pelo menos duas entradas de energia de cada dispositivo computacional.	99,995%

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Apesar da aparente pequena diferença entre os níveis de disponibilidades de cada *Tier*, deve-se levar em consideração o tempo em que essas estruturas permanecem ligadas. Mais agravante ainda é o tempo de desligamento ou interrupção dos sistemas, que podem significar enormes perdas financeiras à corporação. Por esta razão, a mesma deve fazer um planejamento que defina qual nível de disponibilidade é mais adequado às situações de perdas que podem ser geradas nos momentos de indisponibilidade.

2.2 MODELOS E ARQUITETURAS DE GERENCIAMENTO DA INFRAESTRUTURA DO *DATACENTER*

A confiabilidade é métrica crucial na avaliação dos múltiplos modelos e arquiteturas de gerenciamento da infraestrutura de *Datacenters* presentes na literatura. Segundo Sahai et al. (2003), as redes comerciais precisam de uma confiabilidade maior que em operações "*best effort*" (melhor esforço), técnica comumente utilizada em TI. Os autores propõem uma arquitetura em *WebServices* para especificar, monitorar e garantir a confiabilidade de grades computacionais, com base nas regras de SLA. Toda verificação proposta é efetuada por um *Proxy Administrator*, que é responsável por concentrar as informações de confiabilidade de múltiplos sites.

A virtualização tem sido a chave para a atividade de terceirização de *Datacenter* e tem crescido devido ao abrigo de serviços e aplicações de empresas sem interesse de implementar seus próprios parques de servidores. Através da virtualização podem-se distribuir recursos de hardware de um servidor para inúmeras aplicações simultaneamente. O artigo de Wang et al. (2007) propõe um algoritmo autônomo que promove a distribuição automática e dinâmica dos recursos de acordo com a carga de cada Máquina Virtual (VM). Os experimentos demonstram que com o chaveamento automático de recursos tem-se uma redução significativa na sobrecarga de serviços.

2.3 GERENCIAMENTO DE SERVIÇOS DE TI

Independente da área de atuação de uma organização, a tecnologia da informação é vital para o bom andamento dos seus negócios. Esta dependência dos recursos tecnológicos, por parte das organizações, aumentou exponencialmente nos últimos anos e faz com que as organizações deem um viés cada vez mais tecnológico ao seu negócio.

Uma das principais consequências dessa corrida tecnológica para as organizações é o enorme volume de recursos tecnológicos que elas têm à sua disposição diariamente. Como um dos fatores de sobrevivência, as organizações são obrigadas a incorporar boa parte desses recursos tecnológicos em sua estrutura, fazendo com que o seu ambiente tecnológico fique a cada dia mais complexo e dependente de uma boa gestão dos seus ativos tecnológicos e dos processos pertencentes à área de TI.

Parte integrante do ambiente tecnológico das organizações, a infraestrutura de TI é peça fundamental no processo de coleta, análise e divulgação de informação, bem como no armazenamento do conhecimento produzido pela organização.

A disponibilização de uma infraestrutura de TI adequada às necessidades da organização deve envolver as seguintes atividades: desenho, planejamento, implementação, operação e suporte (MAGALHÃES; PINHEIRO, 2007).

Grande parte dos problemas nos serviços de TI é decorrente, dentre outras razões, de uma gerência ineficiente, da sobrecarga de processamentos e de procedimentos mal executados. Kumbakara (2008) explorou questões relacionadas a padrões e gerenciamento e afirma que as organizações tornaram-se cada vez mais dependentes de TI. Esta dependência transformou o gerenciamento e a implementação de um ambiente de infraestrutura com a visão de serviços de TI em uma atividade complexa e desafiadora.

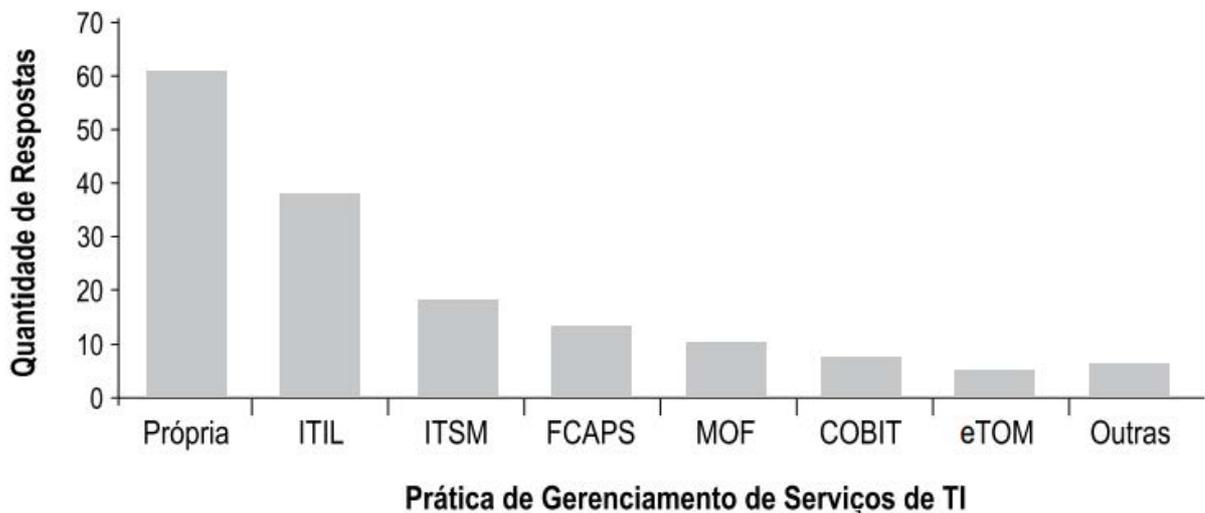
É neste cenário que se faz necessária uma análise criteriosa dos diversos modelos e práticas de gerenciamento de serviços de TI. Têm-se, como exemplos, a biblioteca de conjunto de práticas para o gerenciamento de serviços de TI, conhecida como ITIL (*Information Technology Infrastructure Library*)², a norma ISO/IEC 20.000 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO; INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION- /IEC, 2005), padrão mundial para gerenciamento de serviços de TI, dentre outros.

Conforme pesquisa sobre adoção de prática de gerenciamento de serviços, 39% das organizações utilizam a ITIL. A mesma foi realizada pela *IT Service Management and ITIL Survey – International Network Services* com 194 organizações em todo mundo, e apresentada na Figura 3.

² ITIL é marca registrada do Office Government Commerce (OGC).

Um estudo conduzido pelo *International Data Corporation* - IDC revela que 30% das organizações obtiveram ganhos de eficiência com a implementação da ITIL (EVERGREEN, 2013). Entretanto, os autores afirmam que há resistência organizacional à mudança para estes mecanismos de gestão que não agregam valor comercial comprovado (pela falta de métricas) e isso é um dos grandes motivos da falta de entusiasmo no investimento em projetos de *Datacenters*.

Figura 3 – Pesquisa sobre adoção de práticas de Gerenciamento de Serviços de TI.



Fonte: Magalhães e Pinheiro (2007).

2.3.1 A BIBLIOTECA DE INFRAESTRUTURA PARA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO - ITIL

A biblioteca ITIL reúne as melhores práticas para uma gestão eficiente dos serviços da área de TI e os alinha aos objetivos dos negócios da organização. Por se tratar de uma estrutura (*framework*), a biblioteca ITIL traz modelos que mostram os objetivos, atividades gerais e entradas e saída dos vários processos, o que permite uma documentação de forma padronizada. A implementação das práticas da biblioteca ITIL nas organizações ajuda a melhorar o gerenciamento de serviços de TI (CARTER-STEEL; POLLARD, 2008).

A gestão de serviços proposta pela ITIL trata essencialmente do controle e monitoramento de serviços de TI, o que gera um alinhamento com o gerenciamento da infraestrutura de *Datacenter* utilizado no modelo de gestão proposto.

Datacenters são estruturas complexas que reúnem softwares, aplicativos de negócios, bancos de dados, dentre outros. Todo esse conjunto de ferramentas necessita de uma

infraestrutura de TI adequada para que o seu funcionamento atenda eficientemente aos objetivos da organização. O gerenciamento de infraestrutura mal conduzido, além de ter investimento inicial de implementação, acarreta um alto custo (extra) de manutenção no médio e longo prazo.

A estrutura abrangente da ITIL possui informações destinadas à Perspectiva de Negócios, Plano de Implementação de Gerenciamento de Serviços, Gerenciamento de Aplicação, Gerenciamento de Serviço e Gerenciamento da Infraestrutura de TI, e apresenta-se como modelo adequado para monitoramento e avaliação da infraestrutura de *Datacenters*.

Os Fatores Críticos de Sucesso (FCS) e os Indicadores Chave de Desempenho (KPI) presentes nos processos ITIL são verdadeiros indicadores de desempenho da organização e podem ser utilizados para medir e avaliar o progresso dos objetivos estratégicos da organização. Esta relação é facilmente percebida e aplicada no modelo de gestão proposto, quando for importante ter serviços de TI consistentes, o processo de gestão de mudança ITIL será considerado estratégico durante a definição dos processos de gestão do *Datacenter*.

Em virtude da flexibilidade existente na adoção das boas práticas da biblioteca ITIL, as organizações podem implementar seus processos de forma que atendam aos seus objetivos de negócio, isso faz com que esses processos ITIL se tornem um suporte ao negócio, pois suas métricas são verdadeiros indicadores de performance (MYERS, 2006) e fornecem às organizações habilidade para medir a aderência dos processos, políticas e procedimentos adotados (PAGE, 2000).

O modelo PROGRIDA, apresentado neste trabalho, foi desenvolvido com regras estabelecidas pela biblioteca ITIL devido a sua forte aceitação, qualificação e certificação de empresas prestadoras de serviço. Além disso, a biblioteca também será fonte de referência e comparação com outros modelos de gerenciamento.

2.3.2 ISO/IEC 20.000

Baseada na BS 15.000³, a norma ISO/IEC 20.000 foi publicada em 15 de dezembro de 2005, pela *International Organization for Standardization* (ISO) em conjunto com a

³ Publicada pela British Standards Institution (BSI), a norma British Standard BS 15.000 é o primeiro padrão mundial voltado especificamente para o Gerenciamento de Serviços de TI.

International Electrotechnical Commission (IEC). Criada com o propósito de ser um padrão internacional para o Gerenciamento de Serviços de TI, um dos principais objetivos da norma é proporcionar um entendimento comum para qualquer empresa que forneça serviços de TI, seja para clientes internos ou externos.

A norma ISO/IEC 20.000 é composta por 13 processos e é o primeiro padrão mundial de Gerenciamento de Serviço de TI, que é totalmente compatível com a ITIL. Voltada para certificação de empresas prestadoras de serviços de TI tem como finalidade demonstrar a qualidade dos serviços de TI prestados pela empresa.

2.3.3 CMMI-SVC

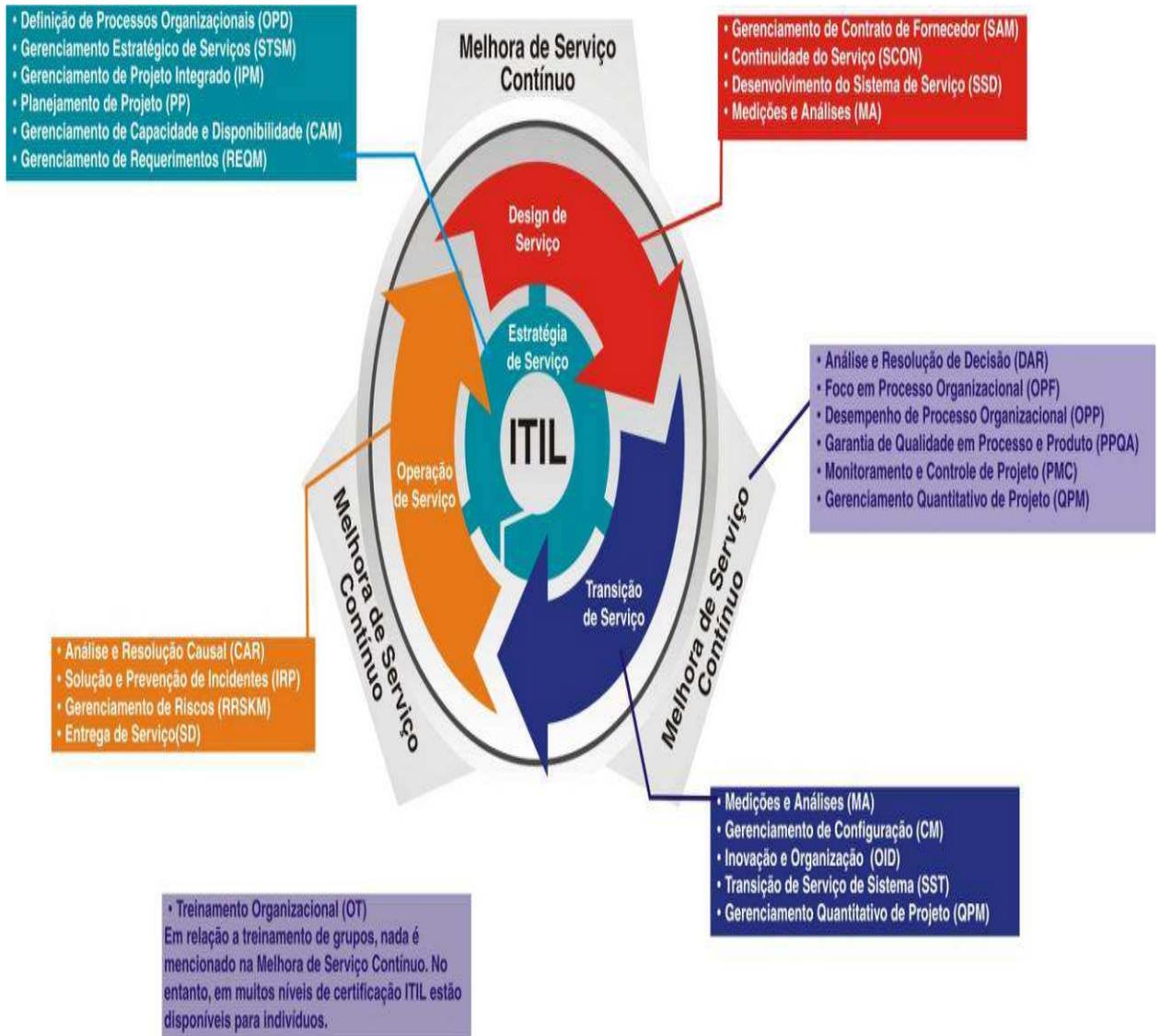
Mantido pelo Instituto de Engenharia de *Software* (SEI – *Software Engineering Institute*) da Universidade Carnegie Mellon, o CMMI (*Capability Maturity Model Integration*) é um modelo de referência para o gerenciamento da infraestrutura de TI, composto por diversos componentes, que podem ser utilizados nas áreas de desenvolvimento de software (CMMI-DEV), de aquisições (CMMI-ACQ), de serviços (CMMI-SVC), etc.

O CMMI-SVC foi introduzido na estrutura CMMI, originalmente, em fevereiro de 2009 e se concentra em atender as necessidades da indústria de serviços. O modelo CMMI-SVC oferece uma abordagem alternativa mais ágil para avaliar e melhorar o desenvolvimento de serviços da área de sistemas, que pode ser mais apropriado em certos contextos. É composto por 24 áreas de processos, das quais 16 destas são pertencentes ao *CMMI Model Foundation* (CMF), sete são áreas de processos voltadas para serviços e mais uma área adicional, que é voltada para usuários específicos (SEI, 2009).

Apesar de a biblioteca ITIL ser voltada para a área de TI e o CMMI-SVC ser um modelo de processos genéricos para qualquer área, é possível encontrar similaridades e fazer um mapeamento dos cinco principais componentes da ITIL com 23 das 24 áreas de processos do CMMI-SVC (DESOT, 2011). A Figura 4 mostra o modelo conceitual de mapeamento entre os cinco componentes ITIL com as áreas de processos do CMMI-SVC, proposto por DeSot (2011).

Como a biblioteca ITIL é um dos modelos de gestão de serviços que trata especificamente serviços da área de infraestrutura de TI, este será o modelo utilizado como base para estruturar os processos e procedimentos do Modelo de Gestão de Predição de Falhas no Gerenciamento da Infraestrutura de *Datacenter*.

Figura 4 – Mapeamento dos componentes ITIL com processos do CMMI-SVC.



Fonte: DeSot (2011).

2.4 GERENCIAMENTO DE APLICAÇÕES ELÉTRICAS E TÉRMICAS NA INFRAESTRUTURA DO DATACENTER

Na busca pela excelência na administração de *Datacenters*, vários trabalhos propõem solução para que tal tarefa seja executada utilizando o mínimo de recursos possíveis, de modo que o custo de sua manutenção não seja alterado.

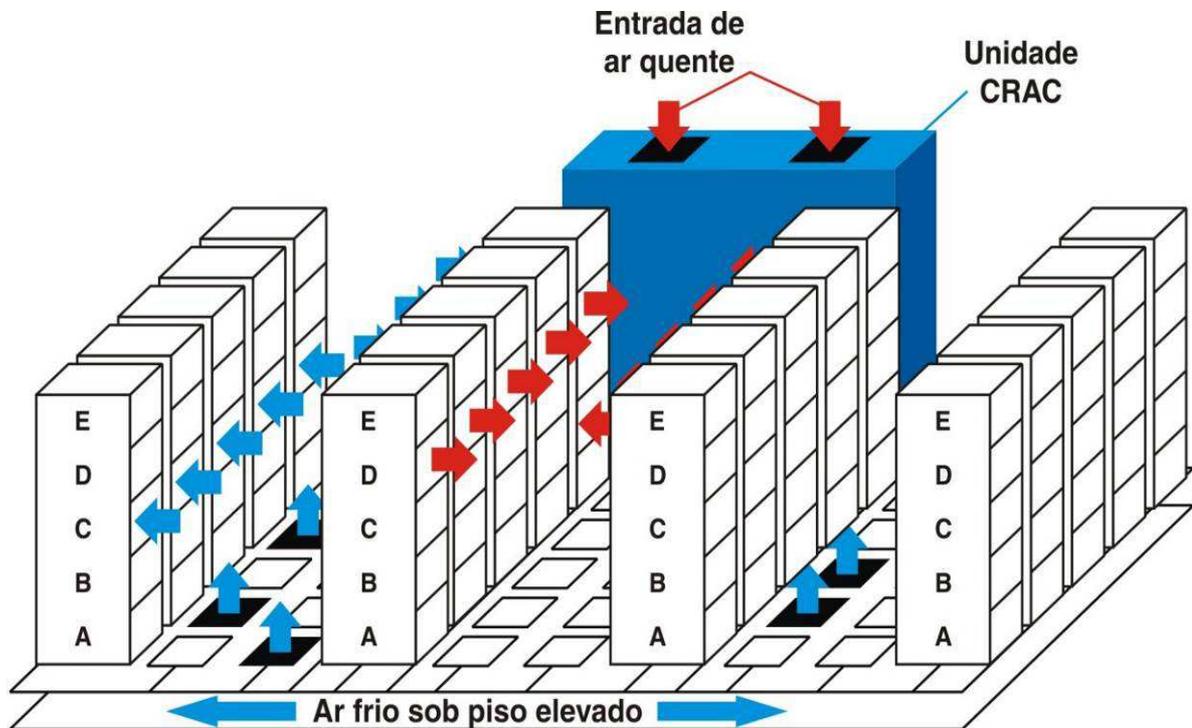
Zheng (2012) propõe soluções de software para que a atividade seja desempenhada por meio de três aplicações: JustRunIt, ACI e MassConf. Enquanto as duas últimas propostas defendem a manipulação de configurações para melhorar a *performance* do sistema (ACI) e

criar usuários de forma mais simples (MassConf), a aplicação JustRunIt aposta na virtualização de sistemas para a redução da utilização de recursos do *Datacenter*.

Contudo, os estudos voltados à infraestrutura de *Datacenter*, mais do que na sua configuração, têm seu foco em climatização de ambiente e/ou monitoramento das características elétricas dos sistemas de alimentação.

O trabalho de Sharma et al. (2005) afirma que as aplicações baseadas na Internet têm gerado pesquisa e desenvolvimento de arquiteturas distribuídas, horizontais, escaláveis e confiáveis. Contudo, desafios são encontrados quando há um aumento significativo na densidade da energia consumida de um *Datacenter*, o que gera impactos nas propriedades e no controle térmico dessa topologia de rede. A solução se dá na administração das temperaturas do *Datacenter*, (através do CRAC, sigla em inglês para Condicionamento de Ar de Sala de Computadores) no intuito de aumentar a robustez e confiabilidade dos sistemas. Os autores fizeram uma análise do aumento de temperatura em relação à carga de trabalho dos servidores. O esquema típico de comportamento térmico em um *Datacenter* pode ser visualizado na Figura 5.

Figura 5 – Esquema típico de comportamento térmico em um *Datacenter*.



Fonte: Sharma et al. (2005).

Segundo a Norma ANSI/TIA/EIA-942, o controle de temperatura de um *Datacenter* deve manter a mesma entre 20°C e 25°C, permitindo variações de no máximo 5°C por hora.

De acordo com Mulay (2009), um sistema simples de climatização de um *Datacenter* pode não ser suficiente para resfriar locais da infraestrutura, onde há maior carga de trabalho, maiores gastos de energia e por consequência, maior a carga de calor. O autor afirma que o calor gerado pelos sistemas de armazenamento de dados em *Datacenters* dobrou entre os anos de 2000 a 2004, enquanto que triplicou com relação aos servidores no mesmo período. Com base nos dados citados, o trabalho propõe o monitoramento de dados de temperatura em vários pontos da infraestrutura e utiliza modelos de análise conhecidos para configurar novos pontos de resfriamento, validando os guias de Administração Dinâmica de Temperatura.

O conceito de Administração Dinâmica de Temperatura depende de sensoriamento e coleta de dados como temperatura, umidade relativa e pressão atmosférica. O controle e atuação desses parâmetros do ambiente, de forma que os valores aceitáveis estejam uniformes em todo o *Datacenter*, resultam em economia de energia.

No trabalho de Sharma et al. (2008) foi proposta uma arquitetura de *Datacenter* com base nos componentes: Climatização, Gestão de Energia e Gestão Computacional. O objetivo foi aumentar eficiência, otimização dinâmica, melhor monitoramento e visualização. O coeficiente de *performance*, desenvolvido, tem o objetivo de definir o desempenho do fluxo de energia durante a operação do *Datacenter*.

Os autores de Raghavendra et al. (2008) afirmam que fornecimento e consumo de energia, além de climatização, são desafios chave para ambientes de *Datacenters*. Os consumos de potência nominal de servidores têm aumentado 10 vezes nos últimos dez anos. Isto levou ao aumento de gastos com equipamentos de refrigeração e fornecimento de energia. O trabalho propôs e validou uma solução de administração de energia, através de simulações, que possui estabilidade, eficiência e confiabilidade. O artigo se concentra em cinco soluções individuais que são representativas para sua diversidade e já estão disponíveis comercialmente:

- Um controlador de eficiência (CE) deve possuir informações sobre frações de utilização do ambiente, no intuito de controlar a efetiva utilização, variando a frequência de *clocks*, permitindo que a carga consumida seja adaptada à carga de trabalho do servidor em tempo real;
- Um gerente de servidor (SM) deve medir, comparar e alinhar o nível de energia do servidor;
- Um gerente de gabinete (EM), monitora o consumo total de energia da lâmina e compara com outro valor de referência de outra lâmina, então com base nessas

informações o controlador atribui novos valores de energia para a lâmina. Em caso de monitoramento em grupo, esse controlador passa a se chamar nivelamento em nível de grupo (GM);

- Um gerente do grupo de (GM) compara os valores de referência de energia de grupo e analisa para alterar os valores;
- Um controlador de máquina virtual (VMC) cria um mapeamento das VMs para minimizar a potência global do *Datacenter*. Os valores de utilização dos recursos lidos pela VMC precisam ser ajustados para o gerenciamento de energia local. O controlador VMC precisa estar ciente dos limites orçamentários nos vários níveis, caso contrário, têm-se sérios problemas em cargas de trabalho de um servidor, que por sua vez pode comprometer a carga estatística de variações que a SM, EM, e a GM esperam.

Em modelos de energia, para cada sistema os modelos são calibrados sobre o hardware real, que executa as cargas de trabalho em diferentes níveis de utilização e mede a potência correspondente e desempenho (em porcentagem do trabalho realizado).

As questões de interesse da avaliação estão relacionadas somente ao desempenho, violações de alimentação de energia do servidor, economia de energia e os níveis de grupo como métricas para avaliar arquitetura.

O trabalho de Pakbaznia et al. (2010) apresenta uma Estrutura de Administrador de Energia e Temperatura (PTM - *Power and Thermal Management*) para *Datacenters* de produção, na qual os recursos do servidor são dinamicamente alterados para atender a carga de trabalho exigida, ao mesmo tempo, assegura um limiar de temperatura máxima satisfatório em todo o *Datacenter*. Nesse sentido, objetiva a minimização da potência total do consumo do *Datacenter*, assim como a energia consumida pelos servidores e as unidades de ar condicionado.

Segundo os autores, duas ações são tomadas pelo PTM. A primeira é a de determinar o número de servidores necessários, empregando um curto prazo para prever a carga de trabalho do *Datacenter*. Em segundo lugar está em determinar o melhor valor fornecido de ar frio de temperatura que satisfaça os requisitos térmicos de *Datacenter*, a partir do conjunto disponível de servidores.

A economia de energia é também de preocupação para as corporações, em Leverich et al. (2009) consideram que o *Dynamic Voltage and Frequency Scaling* (DVFS - Escalonamento Dinâmico de Tensão e Frequência) é um dos métodos mais utilizados para

umentar a eficiência energética de um *Datacenter*, porém sua eficácia possui limitações: escala de tensão é menos aplicável para processadores multinúcleo, em ambientes que executam cargas de trabalho heterogêneas, além das variações entre tensões mínimas e máximas para operarem os transistores.

Por conseguinte, os autores propõem um novo método de administração de energia elétrica para processamento multinuclear, denominado *Per-Core Power Gating* (PCPG - Chaveamento de energia por núcleo). O método promove o chaveamento em relação à carga de trabalho dos servidores. Através da análise de experimentos de laboratório, os autores afirmam que o PCPG reduz 40% do consumo de energia sem redução significativa da velocidade de processamento. Além disso, os autores, ao compararem os métodos DVFS e PCPG, exaltam a economia de energia do método PCPG 30% melhor. Entretanto quando os métodos atuam em cooperação podem economizar até 60%.

Uma abordagem similar é utilizada por Qian (2012). Nesta obra o autor propõe algumas soluções para a redução do TCO (*Total Cost Ownership*), uma delas é a economia da energia consumida pelos *Datacenters*: o balanceamento de energia através do cálculo da demanda de computação por agregação por máximo e agregação por média, considerando também o método DFVS, quando os recursos de usuários são conhecidos. Qian (2012) alerta que a dinâmica da demanda de carga de trabalho deve ser analisada com cuidado a fim de evitar uma solução ótima local.

O objetivo dos seus modelos é trazer uma economia de recursos energéticos na redução do consumo através da sua disponibilidade, com base numa variante denominada Demanda Temporal Dinâmica, ou seja, os recursos são disponibilizados com base na demanda.

Outra contribuição feita por Qian (2012), é um modelo hierárquico de avaliação de Provedor de Acesso à Internet (*Internet Service Provider - ISP*) com base numa determinada Qualidade de Experiência (*Quality of Experience - QoE*) do usuário. Neste modelo o autor considera como características de qualidade a confiança do *Datacenter*, alocação de largura de banda externa, buffer de memória, estratégias de redirecionamento de *Datacenter*, chegadas de requisições, padrões de serviço, entre outros. Ele propõe estratégias com “estilos heurísticos” para serviços VPN, baseados em agentes que buscam a otimização de recursos mantendo o índice de QoE necessário.

No intuito de minimizar o TCO, Lim (2012) oferece um estudo em três prismas, estes: projeto de uma simulação de plataforma abrangente *multitier* para *Datacenter*,

gerenciamento de energia *multitier* em *Datacenters* e um modelo de desempenho para prever tempos de execução de aplicações em *Datacenters*.

Na primeira contribuição: simulação de plataforma abrangente *multitier*, Lim (2012) busca demonstrar o projeto de uma plataforma flexível, escalável e abrangente, que é simulada para gerar medidas de desempenho e consumo de energia, o que possibilita a análise destes dados. Esta simulação é configurada em três níveis: comunicação, *kernel* e de usuário, gerando dados para que os responsáveis pelo *Datacenter* possam analisar o consumo de recursos em cada um dos níveis e detectar medidas possivelmente anormais pelo sistema.

Na segunda solução, o gerenciamento de energia *multitier*, o autor busca oferecer energia em dois níveis distintos - global e local - de forma dinâmica, na busca pela redução do consumo por tempo ocioso.

Esta proposta é simulada por Lim (2012), obra em que o autor utiliza duas heurísticas que fazem uso da análise de menor valor e distribui a energia no nível global - o suficiente para que os serviços que estão sendo requisitados funcionem - e no nível local - faz uso de técnicas de gerenciamento de forma individual por servidor.

A última contribuição: prever o tempo de execução de aplicações em *Datacenter*, procura desenvolver modelos de serviços compartilhados nas plataformas dos *Datacenters* através do agendamento de serviços. Segundo o autor, o grande desafio aqui é determinar na completude a quantidade de trabalho que está sendo tratada dentro dos recursos disponíveis. Com este número, é possível estimar e prever o consumo de recursos do *Datacenter*, otimizando assim a utilização dos mesmos e por consequência o consumo de energia.

O consumo energético e a infraestrutura utilizada para a refrigeração de *Datacenters* são dois fatores críticos para a manutenção desta infraestrutura.

Paroline (2012) defende que o desligamento de servidores nem sempre é a melhor estratégia para a economia de energia em *Datacenters*. De acordo com o autor, se a carga de trabalho oscila muito rapidamente, manter os servidores ligados pode ser a melhor estratégia para economia, considerando a razão do tempo e recursos consumidos para ligar os servidores versus a razão dos períodos (que possam ser considerados constantes) de chegada de trabalhos.

Além disso, o autor analisa situações de aplicação de controle de operação de *Datacenters* através de estratégias coordenadas e não-coordenadas, na busca de um padrão ótimo global de controle.

Segundo Paroline (2012), nos algoritmos de estratégia coordenada, a eficiência dos equipamentos de TI (servidores, equipamentos de rede e de armazenamento, dentre outros) e

de resfriamento (coolers, ar-condicionado, etc.) é controlada através de um único problema de otimização. Já nos de estratégia não-coordenada são gerenciadas por dois controles diferentes que, com base no autor, é uma abordagem amplamente utilizada nos *Datacenters* modernos, mas que pode não garantir o respeito aos limites térmicos estabelecidos.

Paroline (2012) relata que existem situações nas quais a estratégia de controle não-coordenado é tão ótima quanto a estratégia de controle coordenado. Desta forma, o autor propõe a análise que caracteriza o quanto de economia é possível conseguir utilizando um algoritmo controlador de estratégia coordenada ou de estratégia não-coordenada.

O consumo energético e a infraestrutura utilizada para a refrigeração de *Datacenters* são dois fatores críticos para a manutenção desta infraestrutura.

Dois estudos de caso sobre o colapso no consumo de energia em *Datacenter* (MITCHELL-JACKSON, 2001; TSCHUDI et al., 2004) confirmam estimativas que o consumo dos equipamentos servidores constitui a metade da carga total, e a infraestrutura de refrigeração requisita quase um terço da energia total.

Essas ilhas de calor no interior dos *Datacenters* causam aumento da temperatura o que nos leva a problemas de confiabilidade de componentes eletrônicos. Por isso, torna-se eminente o uso de soluções de arrefecimento adequadas para manter a temperatura dentro de limites especificados pelos fabricantes. Faz-se necessário ainda um monitoramento eficaz da potência elétrica entregue aos equipamentos do *Datacenter* de maneira a garantir maior segurança e maior tempo de uso a esses equipamentos.

Com a finalidade de mitigar os problemas térmicos de *Datacenters*, a pesquisa de Demetriou (2012) apresenta uma abordagem de edificação de um *Datacenter* buscando otimizar o seu fluxo de ar, suas características termodinâmicas e de transferência de calor.

Demetriou (2012) expõe em seu trabalho um modelo termo-hidráulico de resfriamento de *Datacenter* e de infraestrutura de energia. Suas demonstrações evidenciam os benefícios do uso de centrífuga resfriadora, torre de resfriamento com água, redes hidráulicas e manejo de ar em salas de computador no controle de temperaturas internas (de ambiente e de dispositivos) de um *Datacenter*. O autor analisa através de conceitos de dinâmicas de fluido, o comportamento do fluxo de ar e a distribuição térmica de um *Datacenter*, com o objetivo de identificar os pontos críticos de controle de temperatura.

2.5 REDES SEM FIO NA INFRAESTRUTURA DO *DATACENTER*

Para monitoramento de energia ou temperatura, são propostos como solução tecnológica os protocolos de Redes de Sensores Sem Fio (RSSF). Segundo Yang et al. (2012), RSSF estão cada vez mais presentes em *Datacenters*, pois fornecem informações precisas de suas medições e ajudam a alcançar uma melhor eficiência energética. Apesar dessas funções já existentes, os sensores atuam passivamente. Mas argumenta-se que a combinação do poder computacional com o poder das redes sem fio possibilita maior interação por clusters de servidores de maneira sofisticada, além de melhorar a gestão de operações, pois permite introduzir novas funções como reprogramação, autenticação complementar, dentre outros.

Este trabalho tem como objetivo servir de guia para criação de um sistema de predição de falhas, principalmente no âmbito elétrico e térmico dos *Datacenters*. Estes parâmetros devem ser monitorados por algum tipo de rede sem fio. A escalabilidade de um sistema sem fio permitirá a adição de novos nós monitorados, sem necessidade de adição de estrutura de comunicação, o que reduz o custo de expansão do monitoramento e gestão do modelo. Além disso, as redes de sensores possibilitam o recebimento e envio de mensagens, dados e comandos aos dispositivos monitorados, aumentando assim a interatividade do administrador com a infraestrutura de *Datacenters*. O trabalho apresentado por Garcia et al. (2012) utiliza a tecnologia sem fio através de uma rede *Zigbee* para monitoramento de tensão e temperatura de equipamentos aeradores em uma lagoa de tratamento de água.

Apesar das adversidades de ambiente, a rede de sensores sem fio utilizada se comportou de maneira satisfatória na automação deste tipo de aplicação.

Em Lima (2009) foi desenvolvido um projeto de monitoramento de UPS (*Uninterruptible power supply*) de forma distribuída. A comunicação sem fio foi feita através do protocolo *Zigbee*, que possibilitava o tráfego de informações entre os dispositivos de monitoramento e o servidor central da aplicação.

Por estes motivos, o modelo aqui proposto - PROGRIDA sugere a implantação de um monitoramento via Redes de Sensores Sem Fio, que se mostra através da literatura um tipo de tecnologia sem fio apropriada para monitoramento, controle e automação de equipamentos.

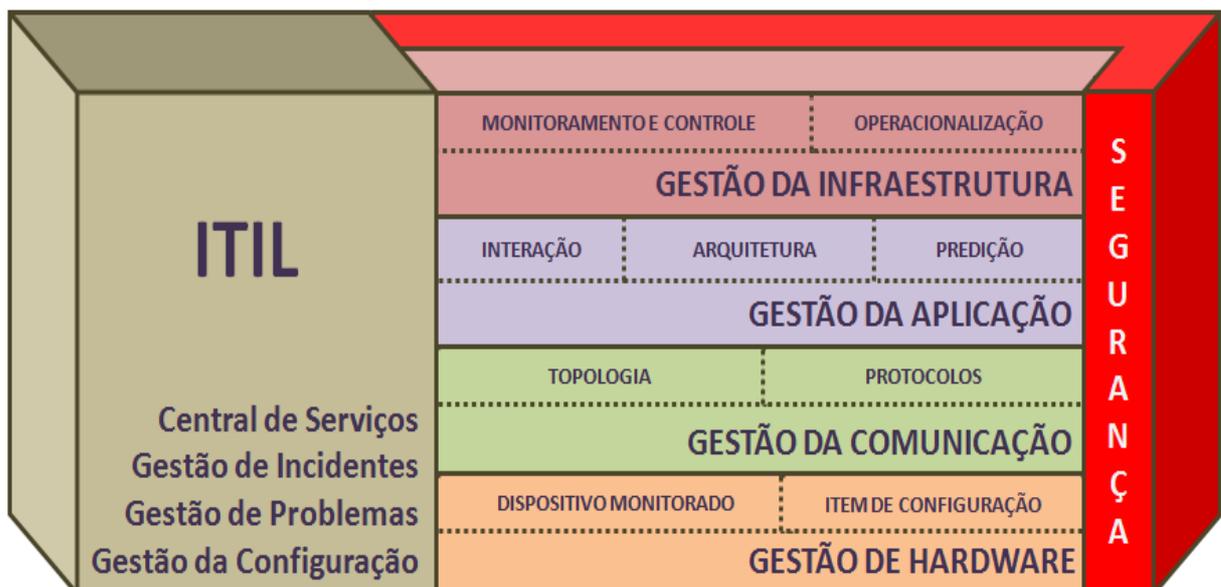
3 PROPOSTA DE MODELO DE GESTÃO DE PREDIÇÃO DE FALHAS NO GERENCIAMENTO DA INFRAESTRUTURA DE DATACENTER

O modelo de gestão proposto engloba os aspectos de monitoramento do ambiente pertencente a um *Datacenter*, com o propósito de estabelecer procedimentos relacionados à predição de falhas na sua infraestrutura. O modelo de gestão auxiliará ainda na execução das metas de disponibilidade estabelecidas nos acordos de nível de serviço.

Para estruturação desse modelo de gestão, foram adotadas as boas práticas da biblioteca ITIL no estabelecimento dos processos e procedimentos de monitoramento da infraestrutura de *Datacenter*. Valendo-se da particularidade e a aplicabilidade do modelo de gestão, o qual trata da predição de falhas na infraestrutura de *Datacenter*, foram utilizados os processos da biblioteca ITIL mais pertinentes ao modelo proposto.

Na Figura 6 apresenta-se o Modelo de Gestão de Predição de Falhas no Gerenciamento da Infraestrutura de Datacenter – PROGRIDA, com cinco módulos que estabelecem os parâmetros necessários para monitoramento da infraestrutura de *Datacenter*. Destes, quatro são destinados à gestão, e o quinto módulo de suporte ao modelo, o qual viabiliza toda a segurança necessária para a operacionalização do mesmo.

Figura 6 – Modelo de Gestão de Predição de Falhas no Gerenciamento da Infraestrutura de Datacenter.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Um aspecto importante do modelo proposto, além das atividades básicas de monitoramento dos ativos pertencentes ao *Datacenter*, é a integração da gestão à camada de monitoramento dos equipamentos e à camada de aplicativos. Isso permite agregar variáveis de análise ao processo de predição de falhas, criando um ambiente favorável de apoio à tomada de decisão.

Na elaboração do modelo de gestão foram verificadas as recomendações da biblioteca ITIL, descritas nas próximas seções.

3.1 GESTÃO DA CONFIGURAÇÃO

Para um controle rígido sobre os ativos do *Datacenter* é necessário um registro completo de todos os itens que o compõem, como dispositivos e equipamentos. O gerenciamento da configuração permite especificar informações sobre versão, propriedade e situação dos equipamentos existentes na infraestrutura de TI. Permite também descrever os relacionamentos entre esses equipamentos, além de controlar as mudanças. A implementação do gerenciamento da configuração inclui atividades como: Planejamento, Identificação, Controle, Histórico da Situação e Verificação, assim como Auditoria.

Na fase de Planejamento, são estabelecidos o propósito, o escopo, os objetivos, as políticas, os procedimentos, além dos contextos organizacionais e técnicos para o gerenciamento.

Na fase de Identificação, são selecionadas e identificadas as estruturas de configuração de todos os ativos do *Datacenter*, destes, seus proprietários, relacionamentos e documentação da configuração. Nesta fase é estruturada a Base de Dados do Gerenciamento da Configuração (BDGC).

Na fase de controle é estabelecido que apenas ativos autorizados e identificáveis sejam aceitos e registrados. Isso assegura que nenhum ativo seja adicionado, modificado, substituído ou removido sem a documentação de controle apropriada.

Na fase de Histórico da Situação estão previstos relatórios de todos os dados atuais e históricos relacionados a cada ativo do *Datacenter*, que permitem a localização de mudanças e registros sobre os ativos.

Na fase de Verificação e Auditoria é realizada uma série de revisões e controles para atestar a existência física dos ativos, assim como se estão corretamente registrados na BDGC. O processo Gerenciamento de Configuração previsto na biblioteca ITIL é baseado nos Itens de Configuração (IC), os quais são descritos no módulo de Gestão de Hardware.

3.2 GESTÃO DE HARDWARE

Neste módulo são estabelecidos os dispositivos a serem monitorados, como por exemplo, equipamentos servidores, equipamentos de conectividade da rede do *Datacenter* e equipamentos de telecomunicações, além da própria rede elétrica de alimentação. O monitoramento se dará de forma distribuída, através de três tipos de equipamentos:

- **EndDevice** são dispositivos que serão implantados dentro dos equipamentos do *Datacenter*, tais como servidores e estações de trabalho;
- **Rack Device** são dispositivos que serão implantados dentro dos *racks* do *Datacenter*;
- **Power Device** são dispositivos implantados diretamente no quadro de alimentação do *Datacenter*, os quais permitem o monitoramento do nível de tensão da energia elétrica entregue pela rede externa de alimentação.

Complementar a projetos similares ao apresentado por Demetriou (2012), Mitchell-Jackson (2001) e Tchudi et al. (2004) que de formas diferentes tratam de ilhas de calor dentro do *Datacenter*, o modelo PROGRIDA apresenta três tipos de dispositivos distintos (*End*, *Rack* e *Power*). Sua implementação já contempla a análise de temperaturas em diversos pontos do *Datacenter*, até mesmo a própria edificação. Pode-se desta forma inferir que o sistema é capaz de informar sobre alterações de temperatura, níveis de tensão e umidade em diferentes pontos específicos do *Datacenter* que monitora.

Os níveis de detalhes do IC para cada tipo de dispositivos monitorados (*End*, *Rack* e *Power*) são estabelecidos através dos tipos de sensores utilizados para o monitoramento da Infraestrutura do *Datacenter* baseados na recomendação ITIL, conforme apresentado na seção 3.2.1.

Além dos níveis de tensão da energia elétrica, os sensores monitorarão a temperatura e a umidade do *Datacenter*, gerando um banco de dados com informações das ocorrências registradas por cada um dos sensores. Oscilações da tensão elétrica, variações de temperatura e de umidade, são exemplos de ocorrências que serão registradas no banco de dados.

Atendendo a uma recomendação da biblioteca ITIL, para a estruturação deste banco de dados de ocorrências, devem ser catalogados os equipamentos pertencentes ao *Datacenter*.

Sharma et al. (2008) conforme visto, analisa os componentes: climatização, gestão de energia e gestão computacional. Isso nos mostra que a alteração de temperatura de um

Datacenter não é um fator isolado, desta forma o modelo PROGRIDA monitora também umidade do ambiente (com base nas normas da ANSI/TIA/EIA-942) e os níveis de tensão dos componentes e da infraestrutura. Assim, pode-se verificar uma alteração na temperatura do ambiente, bem como o que segue:

- A alteração é somente um fator ambiental;
- É oriunda de alterações em um dispositivo específico;
- Tem relação com a tensão de entrada do *Datacenter*;
- Está relacionada com a tensão de dentro dos dispositivos.

Com isso é possível tratar com mais objetividade o incidente na antecipação da solução de problemas (conforme descrito no item 3.7.2), evitando assim danos a equipamentos monitorados.

Os testes de desempenho para sistemas legados feitos em laboratório com o LTSP (*Linux Terminal Service Project*) mostraram que este tipo de equipamento possui limitações impostas pela tecnologia que possui. Estes equipamentos se caracterizam por serem úteis, porém não comportam ou não possuem uma relação custo/benefício positiva para sua atualização. Desta forma, compreende-se que estes sistemas legados já trabalham de forma satisfatória e em geral por um período de tempo mais curto do que um sistema completamente novo, ou seja, por se tratar de sistemas antigos em poucos casos, seu desempenho é o motivo da sua manutenção.

Dessa forma, diferente de Sharma et al. (2008) e de Pakbaznia et al. (2010), o modelo proposto neste projeto não objetiva verificar o desempenho dos equipamentos, mas garante que os sistemas legados não parem de funcionar, estabelecendo níveis adequados de tensão, umidade e temperatura para que, caso haja alguma alteração, o administrador possa agir e ainda, caso os dados indiquem uma tendência à parada do equipamento, de forma preditiva, o administrador poderá tomar as providências necessárias.

3.2.1 Itens de Configuração (IC)

As grandezas físicas e sensores são caracterizados como Itens de Configuração definidos por dispositivo. Cada um deles tem seus parâmetros de referências pré-estabelecidos, inclusive com SLAs (Service Level Agreement) máximos e mínimos de cada

item de configuração. Estas características podem variar conforme a necessidade de adaptação do dispositivo no *Datacenter*. Atendendo a uma recomendação da biblioteca ITIL para o armazenamento, o status dos equipamentos ou dispositivos pode ser de planejado, solicitado, em desenvolvimento, em teste, em produção, em manutenção e descontinuado.

A facilidade para desenvolvimento do projeto do *hardware*, bem como o custo e benefício dos dispositivos, são características que deverão ser consideradas no desenvolvimento de um projeto de *Datacenter*, pois o modelo tem por objetivo gerenciar seus equipamentos legados. Desta forma, não se justifica um alto custo de projeto. Nesse contexto algumas características são adotadas para os dispositivos propostos no modelo:

- Os dispositivos são microcontrolados⁴, alimentados pelos equipamentos e com as tensões reguladas, conforme a necessidade dos demais componentes;
- A medição das tensões dos equipamentos será a partir das fontes de alimentação. Neste contexto, são necessárias as medições das tensões de 5VDC e 12VDC;
- A comunicação entre os dispositivos será realizada pela implementação da topologia de rede sensores sem fio;
- Um sistema de armazenamento de dados deve ser implementado em cada dispositivo;
- Um sistema de visualização de eventos deve ser implementado nos dispositivos, como por exemplo, a utilização de LED, display LCD, displays gráficos, etc.;
- Os status dos eventos podem ser visualizados, entre eles, o status de ligado, gravação, leitura, proteção, programação e comunicação;
- Todas as informações coletadas pelos sensores serão gravadas nos dispositivos até que sejam enviadas e armazenadas no banco de dados da aplicação, inclusive informações de reinicialização dos dispositivos.
- Os sensores devem possuir certa sensibilidade para que a precisão esteja dentro de uma faixa aceitável pelo administrador.

⁴ Dispositivos projetados com microcontroladores, possuem os componentes lógicos e aritméticos, e também integram elementos adicionais em sua estrutura interna, como por exemplo, memórias, dispositivos periféricos, conversores e interfaces de entrada e saída.

- Deve-se implementar um Relógio de Tempo Real - RTC, para que os dispositivos possam obter informações exatas de dia e hora da medição de forma sincronizada;
- Pode-se adotar um protocolo específico para a comunicação do RTC e demais componentes do dispositivo, como por exemplo, o I²C para a comunicação com o microcontrolador;
- O SLA dos equipamentos é definido conforme a classificação do *Datacenter* estabelecida na Norma ANSI/TIA/EIA-942, que especifica a disponibilidade por camadas conforme descrito no Capítulo 2.

3.2.2 Segurança na gestão de hardware

A segurança da gestão de *hardware* proposta no modelo é apresentada com as seguintes características:

- A arquitetura dos dispositivos é independente da arquitetura dos equipamentos, na qual somente a alimentação dos circuitos através das tensões de 12VDC e 5VDC será utilizada, sem que haja uma sobrecarga na fonte de alimentação do equipamento.
- Os dispositivos deverão ser instalados nos equipamentos do *Datacenter* para a coleta dos dados;
- Os dispositivos implantados nos quadros de distribuição *Power Device*, deverão ser instalados somente em circuitos que possuam redundância dentro do *Datacenter*;
- Os equipamentos do tipo *Rack Device* devem ser implantados em *racks* redundantes presentes no *Datacenter* e os *End Device* devem ser ligados no *Rack Device*, para que possam ser realizadas as análises desde a entrada de energia monitoradas pelos *Power Device*, passando pelos *racks* até chegar às fontes de alimentação dos equipamentos.

3.3 GESTÃO DA COMUNICAÇÃO

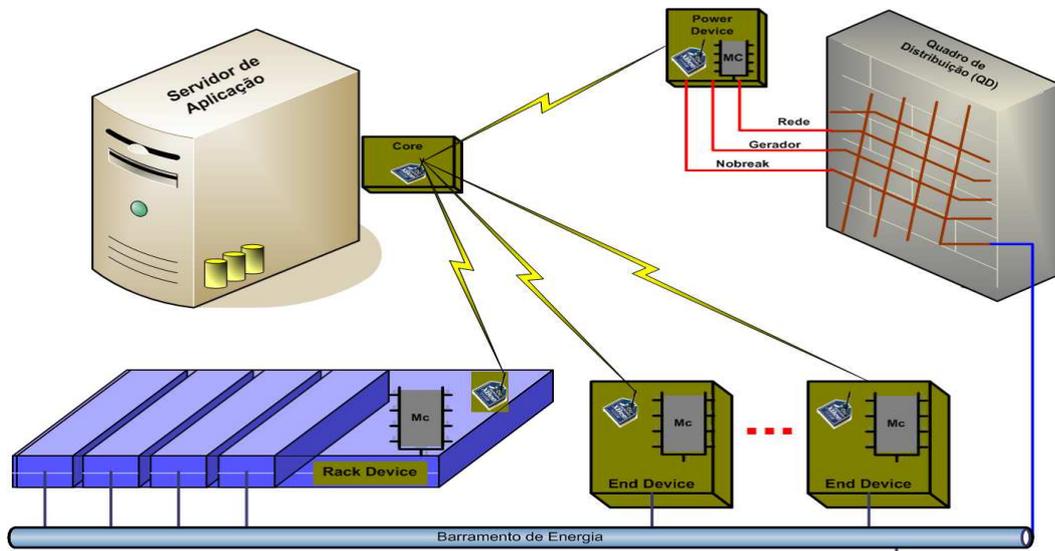
No módulo de gestão de comunicação são estabelecidos os requisitos tecnológicos da comunicação entre os dispositivos e o servidor de aplicação. São definidos a topologia e os

protocolos de comunicação utilizados no modelo, bem como a segurança implementada neste módulo.

3.3.1 Topologia

A Rede Sensores Sem Fio – RSSF é tecnologia adotada na Gestão da Comunicação da rede do modelo. Neste caso optou-se pela topologia estrela através de uma comunicação ponto a multiponto entre os dispositivos monitorados e o servidor de gerenciamento da aplicação. Na Figura 7 é apresentada a topologia da rede de sensores proposta no modelo.

Figura 7 – Topologia estrela da rede sensores sem fio proposta no modelo.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Este tipo de topologia é utilizado também no protocolo LTSP que é empregado basicamente para a sobrevida de equipamentos legados, deixando o processamento mais pesado a cargo de servidores.

A topologia estrela é composta por um nó coordenador, que é responsável pelo gerenciamento da rede e escoamento dos dados (sorvedouro), e pelos dispositivos finais (*end-devices*). Este tipo de topologia tem extensão limitada ao alcance RF dos módulos, devido à inexistência de nós roteadores.

Portanto, se o alcance dos nós não efetuar a total cobertura do *Datacenter*, a implementação deverá ter problemas com escalabilidade. Como solução deste problema, pode-se utilizar nós com alcance de envio de dados estendido, ou ainda algum protocolo que

de suporte à roteamento. Neste último caso, a topologia de rede será alterada para topologia em Malha (*Mesh*) ou Árvore (*Cluster-Tree*) (RAMALHO; OLIVEIRA, 2010).

3.3.2 Protocolos de comunicação

A comunicação entre os dispositivos e o servidor de aplicação é realizada através da troca de mensagens, que no modelo são chamadas de pacotes. Estes pacotes são formados por um conjunto de campos que define o registro, o qual será tratado pela aplicação para armazenamento dos dados coletados. Expresso em caracteres (*bytes*), os pacotes são transmitidos via interface serial dos dispositivos e do servidor de aplicação. O pacote de dados possui um campo de validação que será implementada utilizando o método CRC (*Cycle Redundancy Check* – Verificação de redundância cíclica). Na Figura 8 apresenta-se um exemplo de pacote gerado para cada tipo de dispositivo.

Figura 8 – Exemplo de pacote gerado por dispositivo.

FORMATO DO PACOTE GERADO PELO END DEVICE																																																			
Código		ID do Pacote										Data da Leitura										Hora da Leitura										VDC1					VDC2					Temperatura					Validação				
E	D	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	/	1	0	/	2	0	1	2	0	1	:	3	4	:	5	9	1	2	.	0	5	0	5	.	0	3	2	5	.	4	5	1	2	3	4	5	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50		

FORMATO DO PACOTE GERADO PELO RACK DEVICE																																																
Código		ID do Pacote										Data da Leitura										Hora da Leitura										VAC1					VAC2											
R	D	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	/	1	0	/	2	0	1	2	0	1	:	3	4	:	5	9	1	2	.	7	.	5	1	2	.	2	.	3							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40									
VAC3					AC1					AC2					AC3					Temperatura					Umidade					Validação																		
1	1	9	.	5	1	2	.	4	5	1	2	.	3	3	1	1	.	5	5	3	2	.	3	3	2	1	.	5	5	1	2	3	4	5														
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75														

FORMATO DO PACOTE GERADO PELO POWER DEVICE																																																			
Código		ID do Pacote										Data da Leitura										Hora da Leitura										VAC1					VAC2					VAC3					Validação				
P	D	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	/	1	0	/	2	0	1	2	0	1	:	3	4	:	5	9	1	2	.	7	.	5	1	2	.	3	1	1	.	9	.	5	1	2	3	4	5	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50		

Fonte: Elaboração do próprio autor.

De acordo com as das normas do *Datacenter*, a comunicação com o equipamento pode ser feita com outras interfaces e protocolos de comunicação.

O formato dos pacotes é diferenciado por tipo do dispositivo, cuja informação armazenada no campo código identificará qual o tipo do dispositivo que gerou o pacote (*End Device, Rack Device ou Power Device*), sendo que o servidor de aplicação também utilizará esse campo para direcionar o pacote para o respectivo dispositivo.

A delimitação de início e fim do pacote, assim como a delimitação entre campos do registro, é realizada com a inserção de caracteres especiais, como ponto e vírgula, dois pontos, cifrão, etc., tanto para o código que será embutido nos dispositivos quanto para os códigos utilizados no servidor de aplicação.

Os parâmetros necessários para a inicialização do sistema embarcado e os demais parâmetros utilizados para as comparações dos SLAs mínimos e máximos dos itens de configuração são armazenados na memória do dispositivo. Detalhes desse funcionamento serão abordados na seção 3.4.

Na Figura 9 apresenta-se o Diagrama de Transição de Estado do código embarcado nos dispositivos, cujos estados são descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Estados do protocolo de comunicação dos dispositivos.

Estado	Descrição do Estado
<i>Wait</i>	Aguardando solicitação do servidor de aplicação por um tempo pré-estabelecido em milissegundos.
<i>View</i>	Mostra informações no sistema de visualização do dispositivo.
<i>Request</i>	Recebe a solicitação das requisições do servidor.
<i>Mount</i>	Monta o pacote com a identificação do dispositivo e demais dados necessários para a transmissão.
<i>Send</i>	Envia o pacote para o servidor.
<i>Read</i>	Realiza a leitura dos dispositivos
<i>Write</i>	Grava os dados na memória do dispositivo.
<i>Erase</i>	Apaga o registro do pacote na memória do dispositivo.
<i>Discovery</i>	Envia o pacote de confirmação de presença para o servidor.
<i>Time</i>	Grava a data e hora enviadas no RTC do dispositivo.

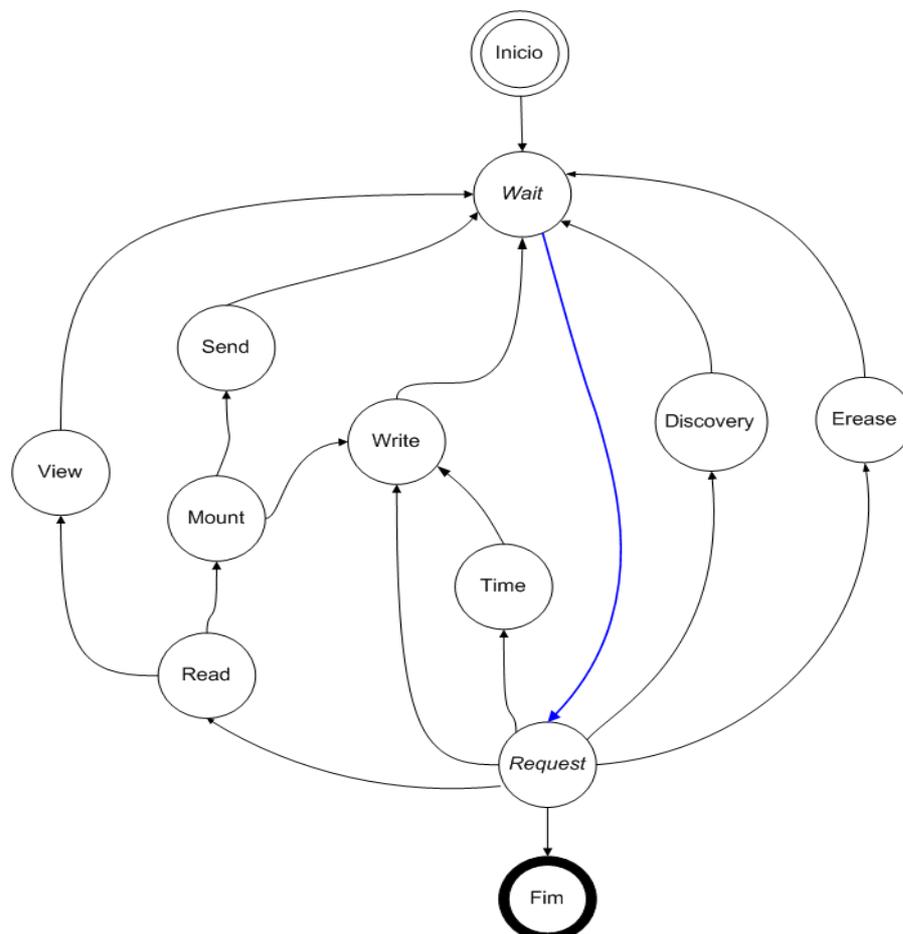
Fonte: Elaboração do próprio autor.

Os estados descritos na tabela representam a situação em que os dispositivos encontram-se no decorrer da execução de processos de construção do pacote de dados, bem como das ações que estes dispositivos podem executar através de seus códigos embarcados nos microcontroladores. Com isso, o dispositivo pode passar de um estado inicial para um estado final através de uma transição. Dessa forma, uma sequência de estados é definida no protocolo de comunicação para uma determinada ação.

Além do diagrama e da tabela de transição de estados apresentados, para melhor compreensão do funcionamento do protocolo de comunicação entre dos dispositivos (*Rack Device, Power Device End Device*) e o servidor de aplicação, faz-se necessário a apresentação das ações detalhadas de troca de mensagens (recebimento e envio) entre os mesmos. Dessa forma, deve-se incluir as ações desde a inicialização dos códigos embarcados nos dispositivos, assim como as ações de comunicação realizadas através da interface serial do servidor de aplicação. Nesse caso a tecnologia de rede sem fio é transparente, ou seja, não interfere nesse protocolo de comunicação.

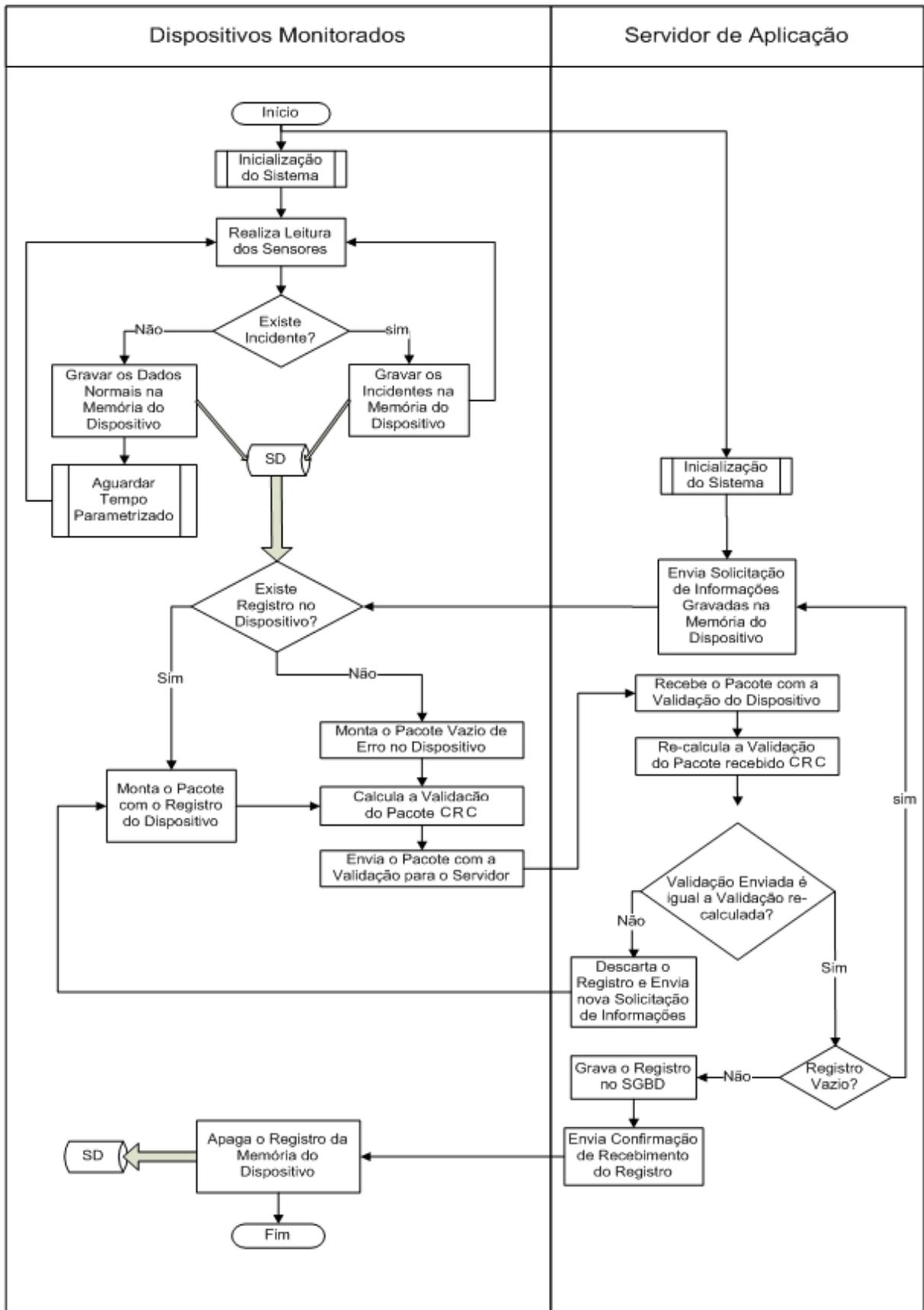
Na Figura 10 apresenta-se o fluxo da comunicação entre os dispositivos e o servidor de aplicação, em que a transmissão dos pacotes é realizada através da rede sensores sem fio numa comunicação serial. Este processo de comunicação é baseado no Gerenciamento de Incidentes previsto na biblioteca ITIL, no qual a leitura dos itens de configuração pré-estabelecidos para cada tipo de dispositivo (leitura dos sensores) determina a ocorrência de incidentes.

Figura 9 – Diagrama de Transição de Estados do Dispositivo.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 10 – Fluxo da Comunicação entre os Dispositivos e o Servidor de Aplicação.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

3.3.3 Segurança na gestão da comunicação

A segurança da gestão da comunicação proposta no modelo assume que:

- A segurança é estabelecida pela tecnologia escolhida para a rede de sensores, que deve ser independente e diferente das tecnologias de comunicação já utilizadas no *Datacenter*;
- A integridade dos dados deve ser garantida com o uso de algoritmos de detecção e correção de erros em transmissão de dados. Na proposta implementada, usou-se o método clássico de verificação de redundância cíclica.

3.4 GESTÃO DE INCIDENTES

No processo Gerenciamento de Incidentes previstos na biblioteca ITIL, um incidente é qualquer evento que causa ou pode causar uma interrupção ou uma redução da qualidade de um serviço previamente acordado.

Os objetivos previstos na biblioteca ITIL para o gerenciamento dos incidentes são a resolução e o restabelecimento do serviço o mais rápido possível, para garantir o SLA acordado. Isto mantém a comunicação contínua entre a organização e seus integrantes sobre o incidente ocorrido, assim como a avaliação do incidente para análise de predição de falhas que possam interromper os serviços.

No modelo proposto, a Gestão de Incidente é baseada nas leituras dos Itens de Configuração (sensores) nos quais os SLAs máximos e mínimos são pré-estabelecidos nas faixas adequadas, precárias e críticas, que são definidas a partir do Valor de Referência dos Itens de Configuração (VRIC).

O modelo prevê o detalhamento das funcionalidades estabelecidas na biblioteca ITIL, para o gerenciamento de incidentes com as fases de detecção e registro dos incidentes, classificação dos incidentes, investigação e diagnóstico, assim como resolução/recuperação e o fechamento do incidente.

A detecção e o registro do incidente são feitos de modo automático a partir da leitura dos Itens de Configuração (sensores). A classificação dos incidentes é realizada através da comparação das leituras com os valores de referência pré-estabelecidos no modelo.

A classificação do incidente é estabelecida a partir das possíveis variações de leitura baseadas no Módulo Prodist para os dispositivos *Power Device*, ANSI/TIA/EIA-942 para os

dispositivos *Rack Devices* e nas especificações dos *datasheets* dos equipamentos para os dispositivos *End Devices*. Na Tabela 3 apresentam-se os valores de referência para as faixas dos itens de configuração.

Tabela 3 – Tabela valores de referência por faixa dos Itens de Configuração.

IC	5VCC	12VCC	Monofásico	Bifásico	Temperatura	Umidade
VCI	4,22	9,58	95	189	10	20
VPI	4,59	10,43	101	201	15	30
VAI	4,75	10,80	107	213	20	40
VRIC	5,00	12,00	110	220	22	45
VAS	5,25	13,20	113	225	25	55
VPS	5,34	13,43	115	229	27	50
VCS	5,44	13,67	117	233	30	65

Legenda:

VR - Valor de Referência	VA - Valor Adequado	VP - Valor Precário	VC - Valor Crítico
VRIC - VR do IC	VAI - VA Inferior do IC	VPI - VP Inferior do IC	VCI - VC Inferior do IC
	VAS - VA Superior do IC	VPS - VP Superior do IC	VCS - VC Superior do IC

Fonte: Elaboração do próprio autor.

A Tabela 4 é baseada em função do impacto do incidente na disponibilidade e no SLA da infraestrutura do *Datacenter*, bem como a urgência e o efeito provocados pelo incidente nesta infraestrutura.

De acordo com o Módulo Prodist (ANEEL, 2008), devem ser realizadas 1008 leituras consecutivas em um período de 10 minutos, com cada leitura tendo 16 amostras por ciclo.

No modelo proposto será executada a análise do ciclo completo a cada leitura, feita em intervalos de 1,68 segundos.

A investigação de incidente, a análise de incidente, a resolução de incidente, a recuperação de serviço e o encerramento de incidente são realizados através da integração da central de serviço, que estabelece uma interoperabilidade destes gerenciamentos que são implementados nos módulos de gestão da aplicação e gestão da infraestrutura do modelo.

Tabela 4 – Tabela de classificação de incidentes do modelo.

Classificação	Descrição	Prioridade
Crítica	Incidente que afeta a disponibilidade e o SLA da infraestrutura do <i>Datacenter</i> .	1
Alta	Incidente que em curto prazo pode afetar a disponibilidade e o SLA da infraestrutura do <i>Datacenter</i> .	2
Baixa	Incidente que em longo prazo pode afetar a disponibilidade e o SLA da infraestrutura do <i>Datacenter</i> .	3
Normal	Incidente que não afeta a disponibilidade e o SLA da infraestrutura do <i>Datacenter</i> , são considerados apenas como alertas.	4

Fonte: Elaboração do próprio autor.

3.5 GESTÃO DE PROBLEMAS

O processo de Gerenciamento de Problemas previstos na biblioteca ITIL visa minimizar o impacto gerado pelos incidentes na infraestrutura de TI. O controle efetivo dos problemas visa prevenir a recorrência dos erros conhecidos, assim como a análise preditiva de possíveis falhas no gerenciamento da infraestrutura do *Datacenter*. Este gerenciamento é proposto no módulo de gestão da aplicação do modelo. Na Tabela 5 apresenta-se a classificação dos problemas em relação à classificação do incidente e suas respectivas faixas de valores baseadas na referência.

Tabela 5 – Tabela de classificação de problemas do modelo.

Classificação do Problema	Faixa de Valores	Classificação do Incidente
Fatal	Inaceitável	Crítica
Grave	Crítica	Alta
Aceitável	Precária	Baixa
Nenhum	Adequada	Normal

Fonte: Elaboração do próprio autor.

As recomendações da biblioteca ITIL verificadas para o gerenciamento de problemas prevê aspectos reativos e proativos. Neste contexto a classificação de problema como fatal é do tipo reativo, onde a solução do problema deve ser iniciada logo após a sua identificação. Os problemas do tipo grave e aceitável são do tipo proativo, os quais são baseados nos erros conhecidos e nas técnicas de predição, e a solução pode ser planejada antes da sua efetivação.

Vale salientar aqui que o grande valor de análise de dados históricos de ocorrências está na possibilidade de antecipação de incidentes. Na coleta das informações de forma constante e sistematizada, dentro de um ambiente sincronizado e de comunicação controlada, possibilita a determinação da probabilidade de concretização de incidentes, aumentando assim a capacidade de prevenção dos mesmos. Para tal análise ainda é possível o uso de técnicas estatísticas como regressão linear para determinar quando é possível que tal incidente se concretize.

Aliada a tal capacidade preditiva, tem-se ainda duas coleções de dados distintas geradas pelo modelo: dados individuais dos dispositivos monitorados e dados do conjunto de dispositivos monitorados.

Os dados individuais dos dispositivos permitem corrigir antecipadamente problemas pontuais e específicos do dispositivo monitorado. Estes eliminam o elemento surpresa do incidente e permitem uma manutenção planejada e programada.

Da mesma forma que os dados individuais de dispositivos, os dados de conjunto de dispositivos monitorados de forma sincronizada, permitem sua manutenção preventiva e, além disso, evidenciam o estado de funcionamento do sistema do *Datacenter*, o que proporciona ao administrador a correção de problemas do dispositivo e do ambiente de forma proativa evitando a ocorrência de incidentes.

3.6 GESTÃO DA APLICAÇÃO

A conformidade com os itens estabelecidos no módulo de gestão de hardware e gestão da comunicação são requisitos para o módulo de gestão da aplicação, que utilizam diversas tecnologias e são descritos em termos de arquitetura da aplicação, interação da aplicação com os demais itens do modelo e a predição de falhas no gerenciamento da infraestrutura do *Datacenter*.

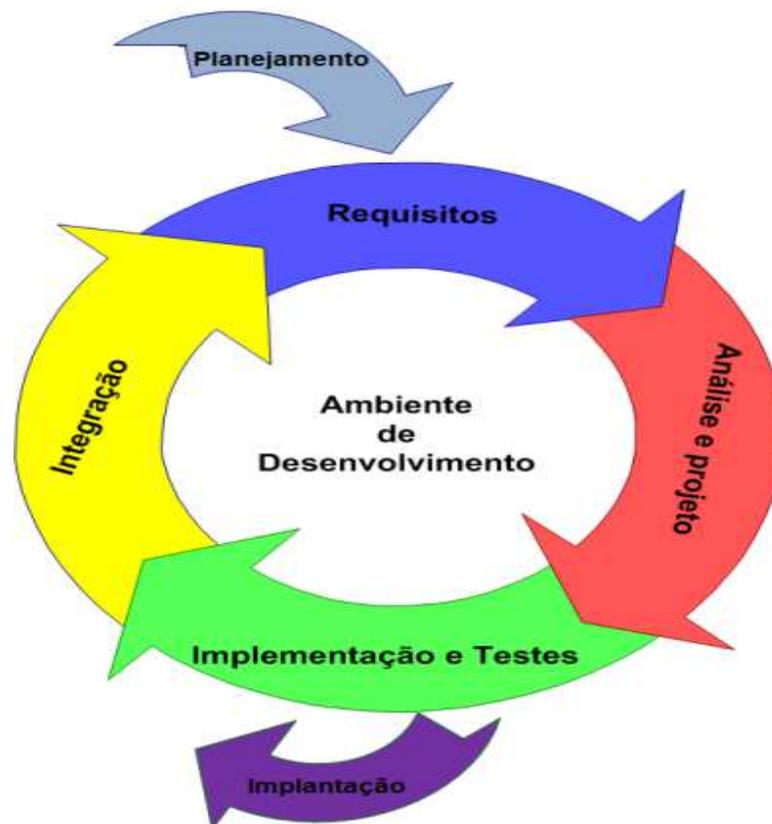
3.6.1 Arquitetura da aplicação

A arquitetura da aplicação é proposta com a utilização das técnicas de engenharia de *software*, a qual é uma variação da metodologia IRUP-IBM *Rational Unified Process*⁵.

O IRUP estabelece o modelo conceitual e propõe o modelo estrutural. É um processo que pode ser customizado para projetos de qualquer escala e provê uma solução metodológica, a qual visa a definição de como definir tarefas e responsabilidades no desenvolvimento de software. Os produtos gerados durante esse processo são chamados de artefatos.

Com base no IRUP, são apresentados na Figura 11 a modelagem das fases de requisitos, análise, projeto, implementação, testes e integração.

Figura 11 – Modelo conceitual e estrutural.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

⁵ É um processo de engenharia de software criado pela *Rational Software Corporation* que visa aumentar a produtividade no processo de desenvolvimento de software.

Na fase de requisitos são elaborados a lista de requisitos e o documento de visão do sistema. O documento de visão tem o objetivo de coletar, analisar e definir as necessidades e características do sistema em alto nível de abstração. O detalhamento das especificações é realizado na fase de análise e projeto. O documento de visão do modelo tem a seguinte estrutura:

- a) Escopo: é a descrição sobre o projeto de Predição de Falhas no Gerenciamento da Infraestrutura do *Datacenter* – PROGRIDA. No escopo do projeto está evidenciada a sua aderência ao escopo estratégico da organização que por sua vez contempla a visão estratégica, diretiva estratégica e variáveis estratégicas. As funcionalidades a serem modeladas a partir da especificação do escopo devem ser delimitadas;
- b) Posicionamento: é a descrição dos benefícios que o PROGRIDA trará aos usuários e clientes dos serviços de TI disponibilizados na infraestrutura do *Datacenter*;
- c) Descrição dos usuários: é a descrição das atividades e o papel dos usuários do *Datacenter*;
- d) Visão geral: é a descrição das características gerais do PROGRIDA relacionando as funcionalidades e interfaces com as aplicações externas. Inclui a descrição da perspectiva, a origem de recurso para o desenvolvimento às necessidades dos usuários quanto ao controle de licença e às características funcionais do registro de operações (controle de *log*);
- e) Características funcionais: é a descrição das características funcionais do PROGRIDA, necessária para atender a demanda funcional do usuário, a definição dos grupos e perfis de acesso;
- f) Documentação: é a descrição da necessidade de documentação para a instalação e configuração do PROGRIDA. Inclui o suporte dos usuários na operacionalização

da aplicação e a elaboração do manual do usuário⁶, ajuda *online*⁷, manual de instalação e configuração⁸.

A lista de requisitos tem o objetivo de apresentar os requisitos a serem utilizados no PROGRIDA de forma estruturada. Na Tabela 6 apresenta-se a lista dos requisitos do sistema.

Tabela 6 – Lista de requisitos do modelo.

REQUISITOS	DESCRIÇÃO
ACESSO	Autenticação
	Controle de eventos
	Acesso ao <i>Datacenter</i>
COMUNICAÇÃO	Coleta de dados
	Transmissão de Dados
	Protocolo de Comunicação
DATACENTER	Ambientes do Datacenter
	Equipamentos do Ambiente
	Itens Configuração do Equipamento
ITIL	Gerenciamento de Configuração (Dispositivos)
	Gerenciamento de Incidentes
	Gerenciamento de Problemas
	Central de Serviços
PREDIÇÃO	Análise dos Incidentes
	Predição de Falhas
	Operacionalização do Sistema
USUÁRIO	Controle de Usuários
	Grupos de Usuários
	Perfis de Acesso ao Sistema

Fonte: Elaboração do próprio autor.

A fase de análise e projeto para o desenvolvimento do PROGRIDA estabelece a elaboração do modelo de dados na visão conceitual e do diagrama de classes, em que estes artefatos seguem a notação do UML. O modelo de dados na visão conceitual é utilizado na fase de implementação para a construção da base de dados e seus relacionamentos. Na Figura 12 apresenta-se o modelo de dados conceitual do PROGRIDA.

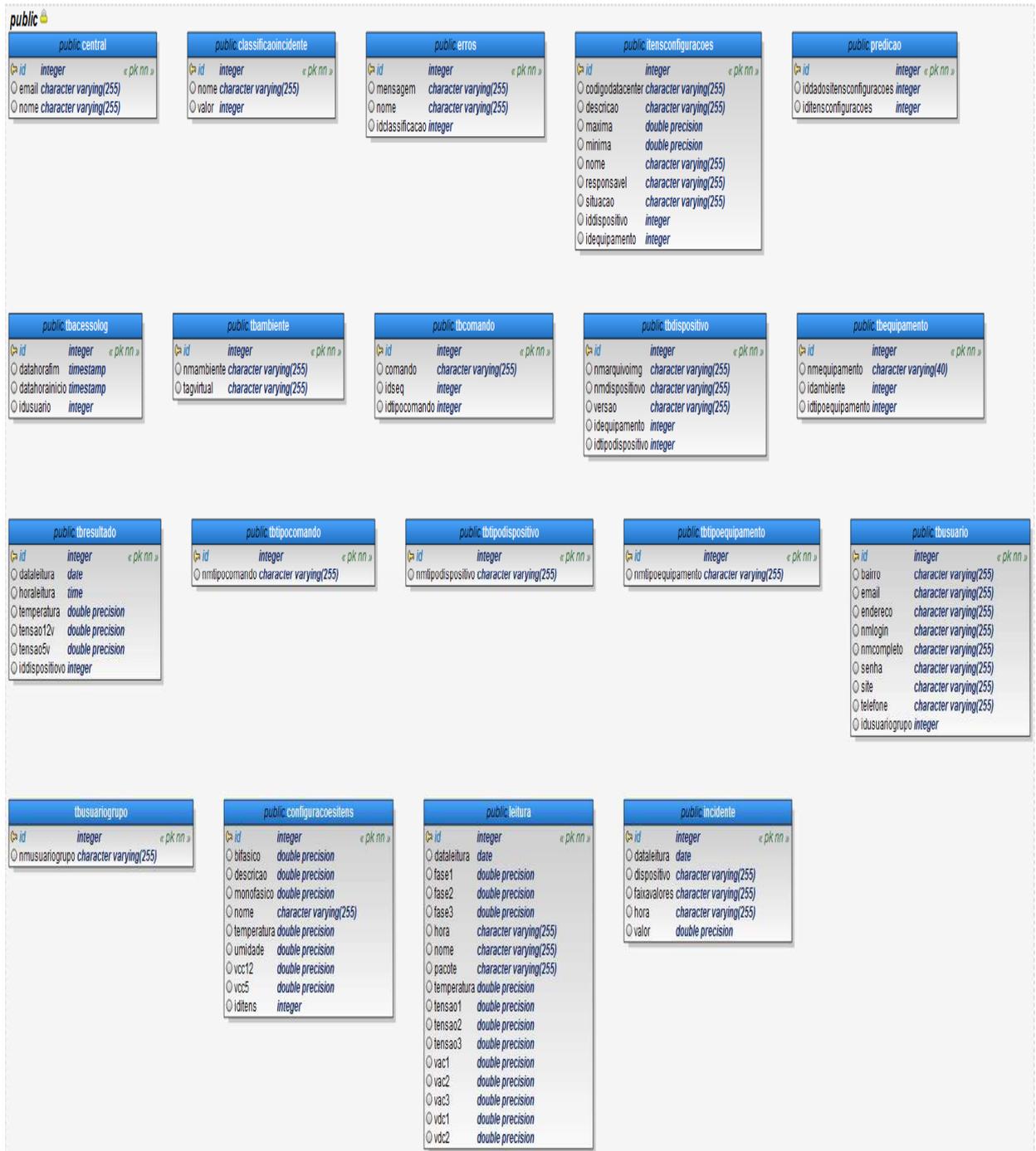
⁶ Manual para orientar a utilização do sistema.

⁷ Ajuda *online* aos usuários para cada funcionalidade do sistema.

⁸ Manual com a configuração mínima do sistema, instruções para instalação, configuração de parâmetros específicos e configurações de banco de dados.

O diagrama de classes é outro artefato elaborado durante a fase de análise e projeto. Na Figura 13 apresentam-se as classes do modelo, no Apêndice E apresenta-se o diagrama que mostra o conjunto das classes, as interfaces e os relacionamentos.

Figura 13 – Classes do modelo PROGRIDA.



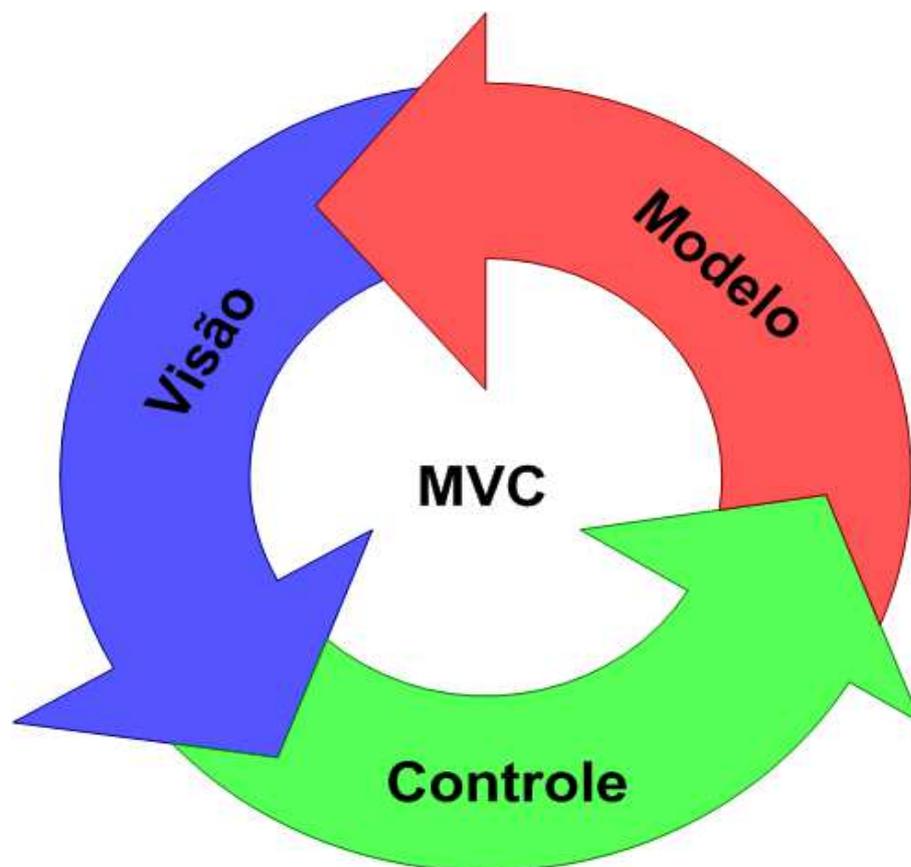
Fonte: Elaboração do próprio autor.

A fase de implementação e testes baseia-se no projeto de estruturas de dados e arquitetura de *software* do PROGRIDA. Existem várias arquiteturas que podem ser utilizadas.

O modelo proposto utiliza a arquitetura *Model View Controller* – MVC que oferece suporte à facilidade de modificação, à portabilidade e à modularidade.

A arquitetura MVC tem como premissa isolar a lógica da aplicação separadamente da interface do usuário, ou seja, separar a informação de sua apresentação. A arquitetura MVC é definida em três camadas, conforme apresenta a Figura 14.

Figura 14 – Arquitetura de implementação com o MVC.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

O modelo é a camada de negócio⁹ da aplicação que define os atributos e operações das classes.

O modelo abrange a persistência dos dados, em que os objetos permanecem existindo mesmo após o término da execução. O gerenciamento de memória e armazenamento dos objetos são realizados dinamicamente. A adoção de dados persistentes evita a passagem de parâmetros entre as interfaces, por exemplo, no controle de sessão da aplicação.

A visão é considerada a camada de visualização da sua aplicação que apresenta as interfaces processadas pelo controle. Nesta camada não há processamento, apenas a exibição dos dados. No modelo proposto, a visualização da aplicação é apresentada em três tipos de interfaces: desktop, dispositivos móveis e web, no qual a operacionalização será apresentada no módulo de gestão da infraestrutura.

O controle é a camada de processamento das requisições feitas pela camada de visão e busca no modelo as informações das funcionalidades especificadas. As validações, atribuições e demais lógicas são realizadas na camada de controle.

A fase de integração baseia-se na implantação do PROGRIDA. O ciclo de vida do desenvolvimento é caracterizado como um conjunto contínuo de evoluções a serem disponibilizadas em novas versões. A prototipação pode ser utilizada para a implantação e testes do PROGRIDA, mas todas as funcionalidades devem ser previstas nas fases anteriores.

Após a implantação e testes da primeira versão ou protótipo, caso haja a necessidade de criação ou alteração de funcionalidades, deve-se voltar à fase de requisitos para o replanejamento, assim como à fase de análise e projeto para a adequação dos artefatos, até as novas implementações e testes.

3.6.2 Segurança na gestão da aplicação

A segurança da gestão da aplicação proposta no modelo é apresentada com as seguintes características:

- São definidos dois tipos de usuários da aplicação do *Datacenter*;

⁹ Especifica as funcionalidades a serem implementadas no sistema.

- Os operadores com seus acessos, direitos e responsabilidades definidas, e os administradores são os responsáveis pela manutenção e administração do *Datacenter*;
- A autenticação dos usuários deve estabelecer direitos de leitura, escrita e execução associada a cada módulo do sistema;
- As senhas devem ser criptografadas antes de serem armazenadas no banco de dados, com a utilização do algoritmo de MD5¹⁰ ou outro que possa garantir a segurança dos dados;
- A comunicação com a rede de sensores sem fio é implementada com a utilização de *thread*¹¹ para o envio e recebimento dos pacotes;
- Todos os *logs* de acesso são armazenados no banco de dados e controlados pela aplicação.

3.6.3 Interatividade

O desenvolvimento das interfaces da aplicação para dispositivos móveis e web é para aumentar a mobilidade e dar maior interatividade ao modelo. Na aplicação são definidos os requisitos de interação entre aplicação e usuários do *Datacenter*. A interoperabilidade da central de serviços existentes no *Datacenter* e a visualização dos eventos por grupos de usuários também auxiliam na operacionalização do modelo.

Diferente de Zheng (2012) que propôs aplicações para gerenciar o desempenho do *Datacenter*, o projeto PROGRIDA traz aplicações de interação com o usuário apenas nas interfaces *Mobile* e *Web* conforme descritas anteriormente. Contudo, as interações entre os programas embarcados nos dispositivos e seus diversos componentes são fundamentais e responsáveis pelo monitoramento, sincronismo dos componentes e envio de pacotes de dados para o servidor de aplicação de coleta de dados.

3.6.4 Predição

¹⁰Message Digest Algorithm V5 é um algoritmo de criptografia desenvolvido pela RSA Data Security, Inc. e descrito na RFC 1321.

¹¹ Thread é uma funcionalidade dos sistemas operacionais em que tarefas (aplicações) podem ser executadas concorrentemente.

Conforme estabelecido no gerenciamento de problemas, as técnicas de predição são propostas para propiciar a solução do problema antecipadamente, ou seja, antes da sua ocorrência de fato. A predição informa o que provavelmente irá acontecer a um sistema, com base em seus dados históricos. No modelo PROGRIDA os dados são coletados dos dispositivos e uma análise preditiva irá identificar uma tendência no comportamento do sistema.

Os dados coletados dos itens de configuração (sensores) são armazenados e os registros considerados como incidentes são analisados em relação aos erros conhecidos. Então o processo de predição analisará esses registros para identificar a tendência no comportamento do sistema, envia para os administradores os resultados obtidos, e caso seja necessário é realizada a abertura de um chamado na central de serviços.

O processo de predição consiste em extrapolar a tendência para o nível de carga desejado, a partir de uma extrapolação linear dos dados coletados. Com esta análise, tenta-se obter o ponto correspondente ao valor de desempenho esperado.

3.7 GESTÃO DA INFRAESTRUTURA DO DATACENTER

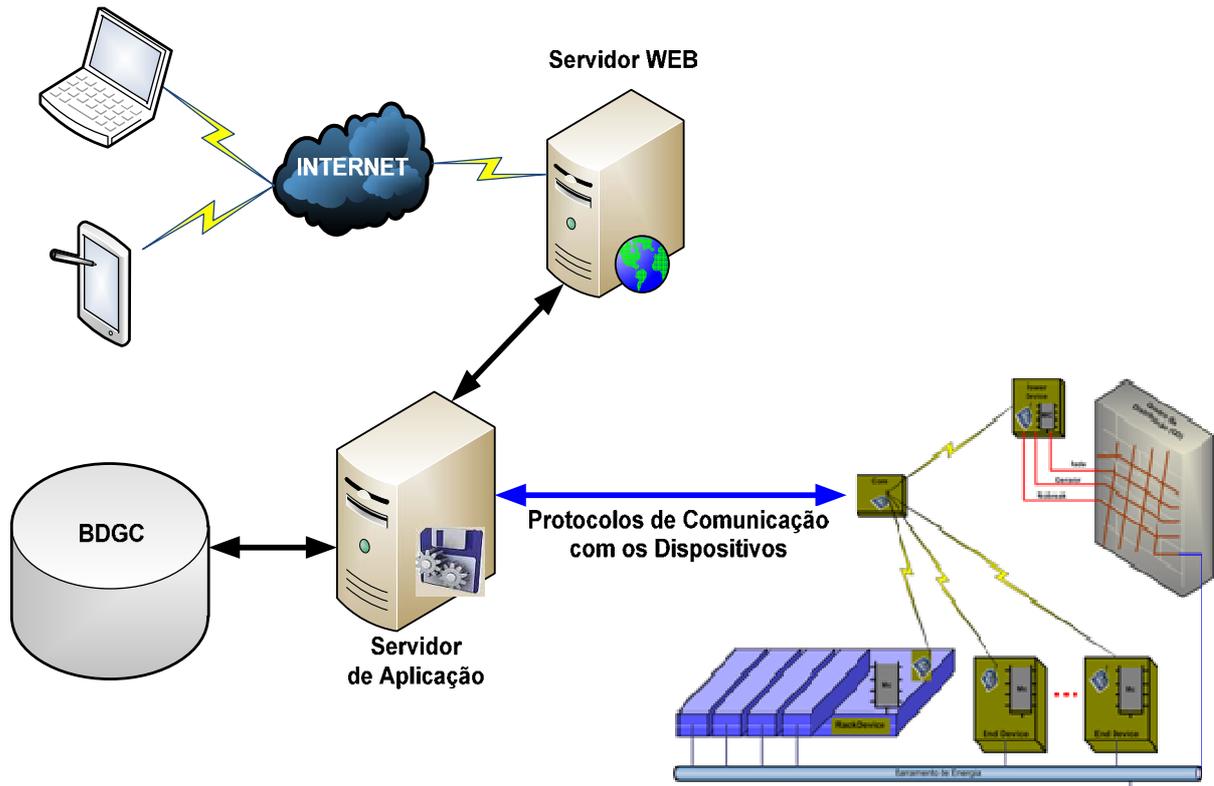
A gestão da infraestrutura do *Datacenter* adotada no modelo é dividida em duas partes: a primeira realiza o monitoramento e controle do *Datacenter* e a segunda estabelece os requisitos necessários para a operacionalização do modelo.

3.7.1 Monitoramento e Controle do Datacenter

Com o objetivo fundamental de monitoramento dos ativos pertencentes ao *Datacenter*, o modelo de gestão integra a camada de monitoramento dos ativos à uma camada de aplicativos, em tempo real, o que permite implementar análises substanciais ao processo de predição de falhas, criando um ambiente favorável de apoio à tomada de decisão.

O monitoramento e controle são realizados através de três tipos de interfaces: desktop, dispositivos móveis e web, conforme apresentados na Figura 15.

Figura 15 – Interfaces para Monitoramento e Controle.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

A interface *desktop* será utilizada no servidor de aplicação para controle de todos os dispositivos instalados nos equipamentos do *Datacenter*, assim como o gerenciamento de toda a aplicação com a manutenção de todas as tabelas do banco de dados. É mantida pelos administradores do *Datacenter*.

A interface *web* será desenvolvida especificamente para o monitoramento e consultas da aplicação. Não realiza nenhum tipo de acesso aos equipamentos e dispositivos previstos no modelo. Em acréscimo, a interoperabilidade com a central de atendimento é realizada pela interface *web*.

A interface para dispositivos móveis será desenvolvida para complementar o monitoramento e consultas previstos na interface *web*. Esta interface possibilitará aos usuários do *Datacenter* um monitoramento 24x7¹², pelo qual esses usuários serão informados

¹² O monitoramento 24x7 significa que estão sendo monitorados durante vinte e quatro horas por dia, os sete dias da semana.

imediatamente sobre os eventos gerados pela aplicação de modo a cumprir os termos previstos no SLA do *Datacenter*.

O modelo também prevê a utilização de painel de bordo (*dashboard*) em todas as interfaces, nas quais os indicadores são estabelecidos por equipamentos, dispositivos e itens de configuração, o que possibilita uma melhor gestão do modelo e o auxílio na tomada de decisão.

3.7.2 Operacionalização do Datacenter

A operacionalização do *Datacenter* prevista no gerenciamento da infraestrutura do modelo proposto estabelece os requisitos de operação dos usuários que participam da administração do *Datacenter*.

Os administradores são responsáveis pela configuração do sistema, que inclui o ambiente do *Datacenter*, os equipamentos, os dispositivos, os itens de configuração e todos os parâmetros do sistema. Toda a gestão é de responsabilidade dos administradores, que autorizam ou não qualquer tipo de manutenção dentro da infraestrutura do *Datacenter*.

Os operadores são responsáveis pela execução das tarefas repassadas pelos administradores, e possuem Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) para todas as atividades desenvolvidas dentro do *Datacenter*.

O modelo prevê a operacionalização de duas formas, em tempo real e *off-line*, onde os administradores e operadores podem executar ações para garantir o SLA da infraestrutura do *Datacenter* de maneira segura dentro dos padrões estabelecidos.

A operacionalização em tempo real é realizada de modo instantâneo, onde as reações às ocorrências são imediatas. A atualização e sincronismo da data e hora de todos os dispositivos instalados nos equipamentos do *Datacenter*, bem como a solicitação de informações instantâneas dos itens de configuração (sensores) são exemplos da operacionalização em tempo real.

A operacionalização *offline* é realizada de modo *batch*, na qual a resposta ao evento será enviada através das interfaces após um período de processamento. Como exemplo, pode-se considerar a análise dos incidentes coletados dos itens de configuração (sensores), que pode informar aos administradores via central de serviço, eventos que indiquem tendências de comportamento dos equipamentos do *Datacenter*. Essas informações só são analisadas após a coleta de conjuntos históricos de dados numa faixa de tempo determinada pelo administrador e não necessariamente no momento em que há a ocorrência.

A central de serviços prevista no modelo é implementada através da interoperabilidade com a central de serviços preexistente nos *Datacenters*, visto que a maioria das instituições já possui esse serviço. Esta interoperabilidade pode ocorrer através da integração de bases de dados, a utilização de *WebServices*, ou ainda através da troca de informações com protocolos de rede, como por exemplo, o protocolo SMTP para envio de e-mail.

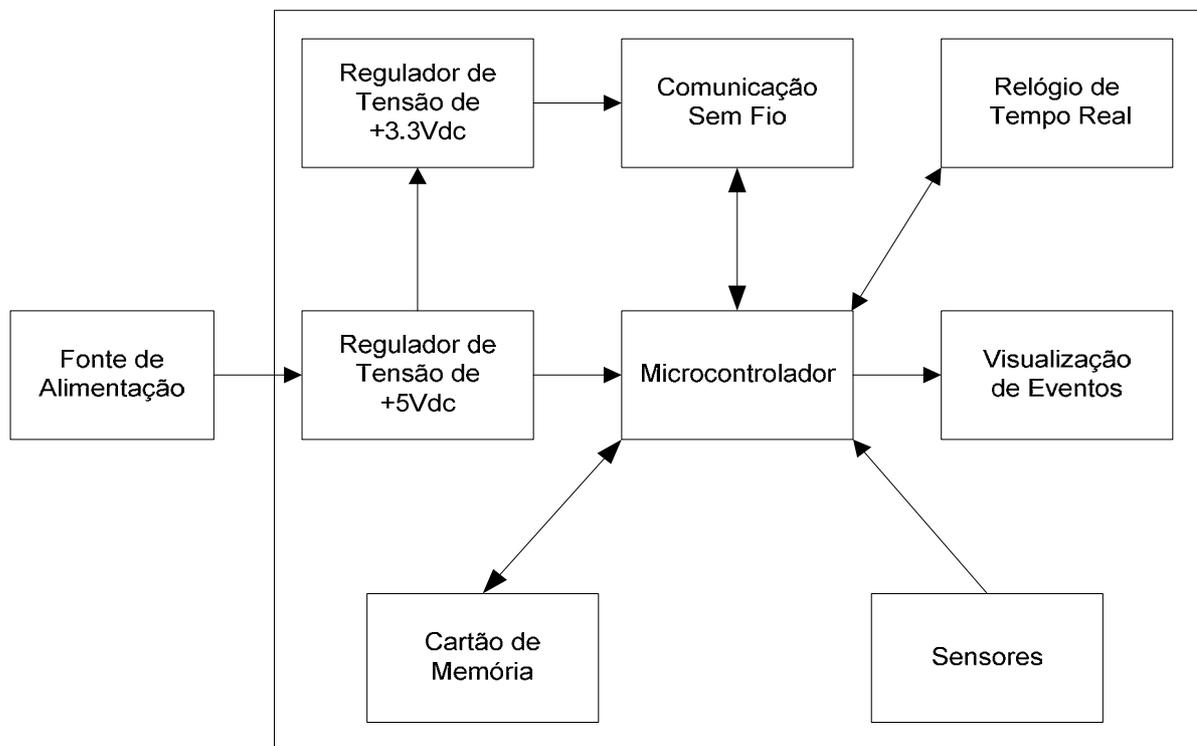
4 IMPLEMENTAÇÃO E TESTES

Este capítulo apresenta a implementação e os testes realizados com o modelo de gestão de predição de falhas no gerenciamento da infraestrutura de *Datacenter*. São apresentados os detalhes das atividades realizadas, o que inclui as implementações dos módulos de gestão propostos no modelo.

4.1 MÓDULO DE GESTÃO DE HARDWARE

Os dispositivos *End Device*, *Rack Device* e *Power Device* do modelo foram implementados e seus itens de configuração baseados nas características propostas na seção 3.2.1. Estes dispositivos possuem funcionalidades e arquiteturas semelhantes, embora as aplicações sejam diferentes. O desenvolvimento foi realizado a partir da elaboração do diagrama de blocos e do esquema elétrico de cada tipo de dispositivo. Na Figura 16 apresenta-se o diagrama de blocos comuns a todos os dispositivos. Os esquemas elétricos gerais para cada tipo de dispositivos são apresentados no Apêndice A.

Figura 16 – Diagrama de Blocos dos Dispositivos.



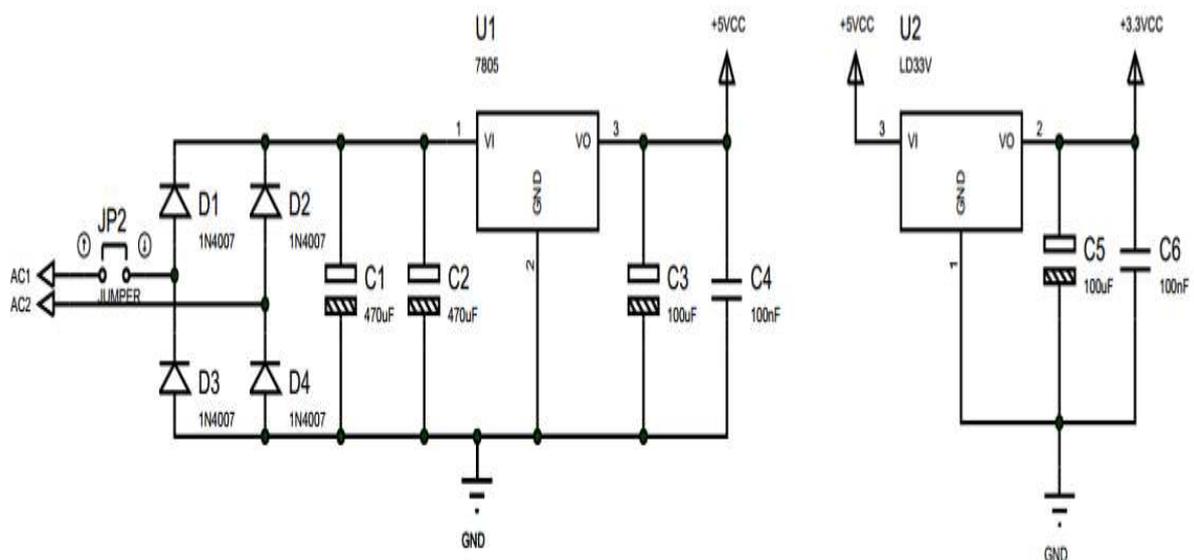
Fonte: Elaborada pelo autor.

No desenvolvimento do projeto, todos os esquemas elétricos foram projetados com o software ISIS Professional 7. Este produto faz parte da *Suite Proteus 7.0*. (PROTEUS, 2011), que também foi utilizado para as simulações desses circuitos.

4.1.1 Fonte de Alimentação

Todos os dispositivos possuem uma fonte com dois níveis de tensões reguladas e estabilizadas em +5Vcc e +3.3Vcc. O primeiro nível de tensão é responsável por alimentar os blocos de microcontrolador, relógio de tempo real, sensores e visualização de eventos e são projetados com o regulador de tensão 7805 (FAIRCHILD, 2011). O segundo nível de tensão é responsável por alimentar a comunicação sem fios e o Cartão de Memória e são projetados com o LD33V (STMICROELETRONICS, 2011). Os dispositivos do tipo *End Device* possuem origem energética a partir das tensões do equipamento (Vdc) e os equipamentos dos tipos *Power Device* e *Rack Device* possuem origem energética a partir da rede elétrica (Vac). Na Figura 17 é apresentado o esquema elétrico da fonte dos dispositivos.

Figura 17 – Esquema elétrico do bloco fonte dos dispositivos.



Fonte: Fairchild (2011).

A retificação, filtragem (estabilização) e regulação são necessárias após o rebaixamento do nível de tensão para +12Vac. A retificação é realizada por meio de diodos retificadores (D1 a D4) que torna a onda senoidal (AC) em onda pulsante. Em seguida, a estabilização (filtragem) é realizada através de capacitores eletrolíticos (C1 e C2) com grande

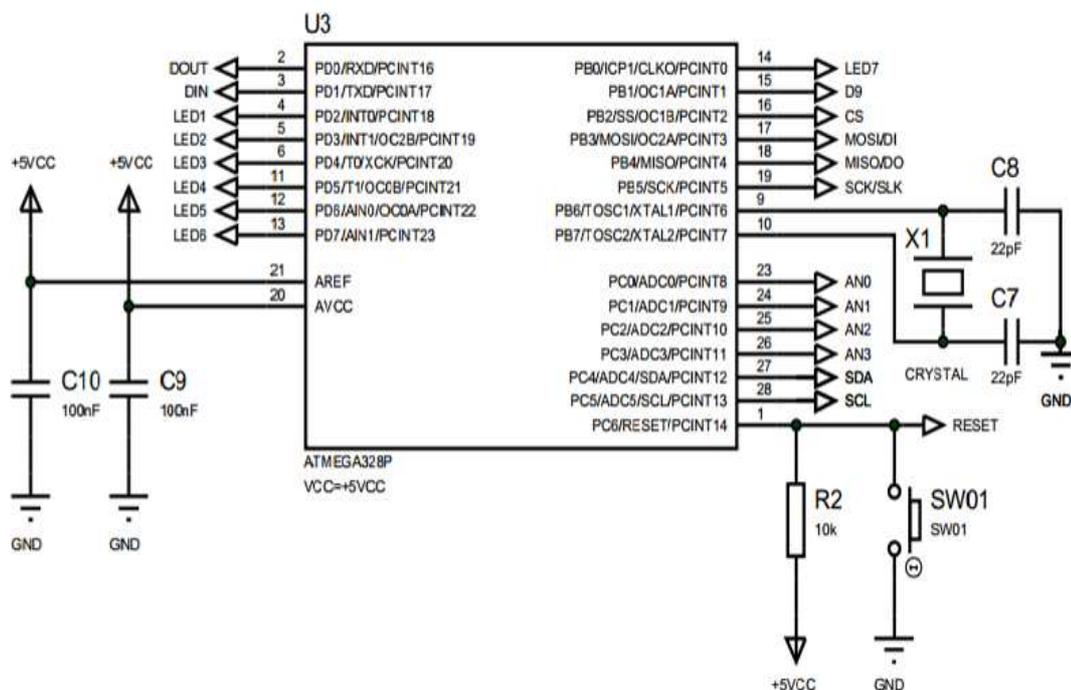
capacidade de carga e descargas elétricas, cuja função é estabilizar as ondulações da onda pulsante. Logo depois, a regulação em +5Vdc e +3.3Vdc, a qual é realizada pelos circuitos integrados (U1 e U2). O mesmo processo de filtragem ocorrerá com os capacitores (C3 a C6).

4.1.2 Microcontrolador

Os processos como leitura de sensores, armazenamento, comunicação com a rede sem fio, visualização de eventos no visor LCD ou GLCD e outras operações, são realizadas através de instruções programadas e embarcadas no microcontrolador. Os dispositivos *End Device* e *Power Device* foram projetados com microcontroladores (Atmega 328P) idênticos e o dispositivo *Rack Device* apresenta um microcontrolador (Atmega 2560) com mais pinos de entradas e saídas (ATMEL, 2011).

O microcontrolador possui vários componentes, na Figura 18 apresenta-se o esquema elétrico do bloco microcontrolador do *End Device*, no qual o cristal ressonador X1 tem a função de fornecer o *clock* na execução das instruções. Os capacitores C8 a C10 tem a função de filtro. O resistor R2 é responsável por garantir a execução das instruções do *firmware* por dar nível lógico 1 (+5Vdc) ao microcontrolador U3. O SW01 é responsável pela interrupção ou reinício da execução das instruções do *firmware* do microcontrolador.

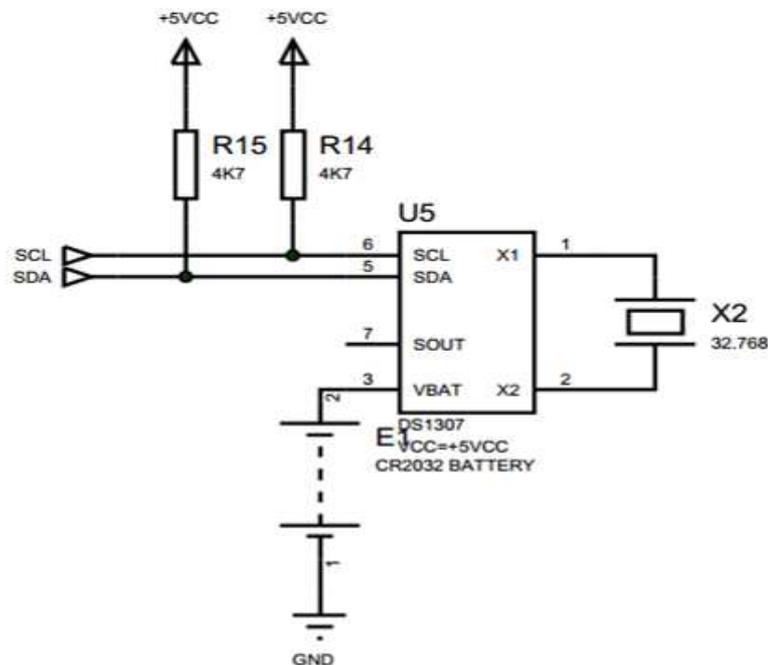
Figura 18 – Esquema elétrico do bloco microcontrolador do *End Device*.



4.1.3 Relógio de Tempo Real

O bloco do Relógio de Tempo Real é responsável pela manutenção da data e hora do sistema, as quais serão sincronizadas em todos os dispositivos a partir do servidor de aplicação. Na Figura 19 apresenta-se o esquema elétrico composto por um Circuito Integrado U5 (DS1307), dois resistores em *Pull-Up* (R14 e R15), uma bateria de +3.3Vdc e um cristal ressonador (X2). A comunicação entre o relógio e o microcontrolador é realizada através dos pinos digitais SCL (*Serial Clock*) e SDA (*Serial Data Line*) e, conhecida como I²C - *Inter-Integrated Circuit* - (DALLAS, 2007).

Figura 19 – Esquema elétrico do bloco relógio de tempo real.



Fonte: Dallas (2007)

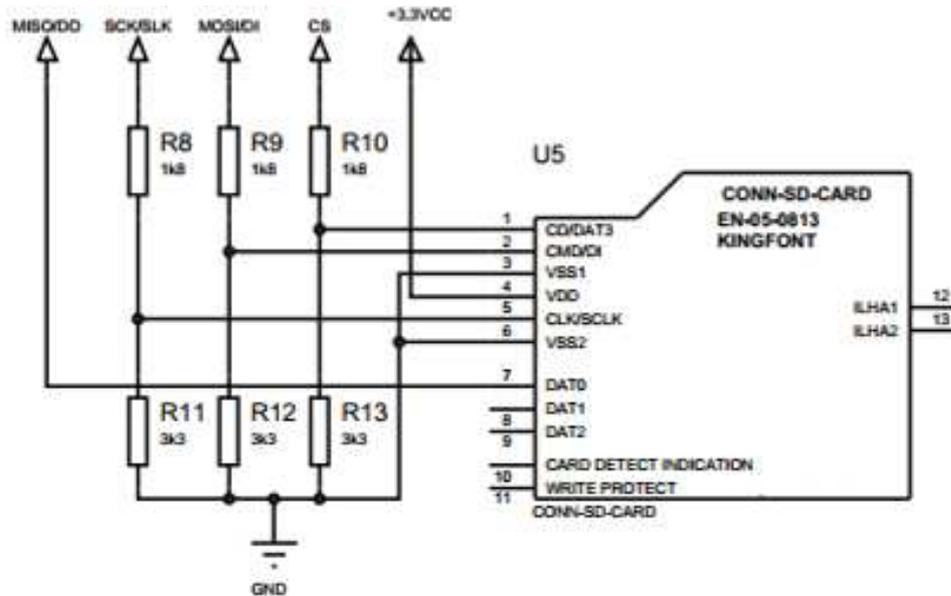
4.1.4 Comunicação sem fio

Através do bloco comunicação sem fio, é estabelecida a transmissão de dados com o servidor de aplicação através de módulos *Xbee* com conexão ponto-multiponto, formando a Rede de Sensores Sem Fio - RSSF.

Na Figura 23 apresenta-se o esquema elétrico da comunicação sem fio, o J3, que é o módulo de rede sem fio *Xbee* 802.15.4 - Série 1 (KINGFONT, 2011) que será instalado sobre a *Xbee Breakout* (SPAKFUN, 2011). Os resistores R3 e R4 formam um divisor de tensão

microcontrolador em relação ao cartão. No projeto utiliza-se o Cartão SD com 512 Mb de memória.

Figura 21 – Esquema elétrico do bloco cartão de memória dos dispositivos.



Fonte: kingfont (2011).

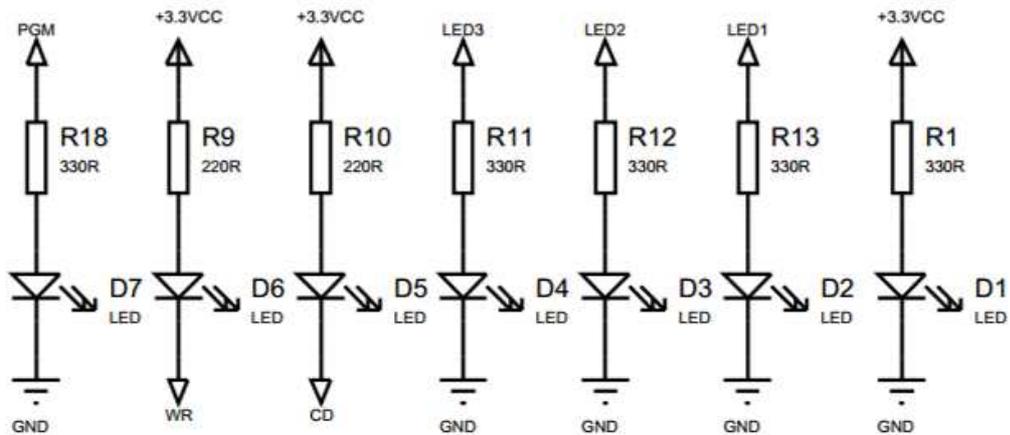
A conexão do pino sete do cartão não utiliza a divisão resistiva, por ser uma via de comunicação de saída digital (DO – *Digital Output*), que possui um pico de tensão menor que do microcontrolador.

4.1.6 Visualização de Eventos

O bloco de visualização de eventos estabelece a comunicação visual entre os dispositivos e os usuários do sistema com a utilização de LEDs, *Display LCD* e *Display Gráfico*. Os *status* dos eventos podem ser visualizados, entre eles, os *status* de ligado, gravação, leitura, proteção, programação e comunicação.

Na Figura 22 apresenta-se o esquema elétrico para a visualização de eventos com os LEDs. Os resistores R1, R9 e R10 possuem a função de limitar a corrente necessária para iluminação dos LEDs. Os LEDs (D1 a D7) são programáveis e estão conectados via resistores aos pinos do microcontrolador. O LED D5 não é programável, está conectado de forma fixa e direta no regulador de tensão +3.3Vdc, com o objetivo de informar que o dispositivo está ou não ligado.

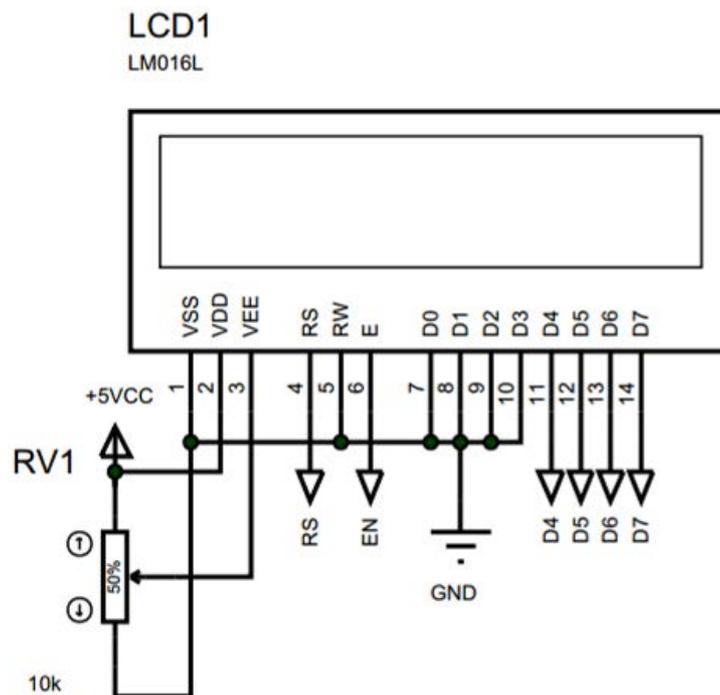
Figura 22 – Esquema elétrico para visualização de eventos com LEDs.



Fonte: Elaborada pelo autor.

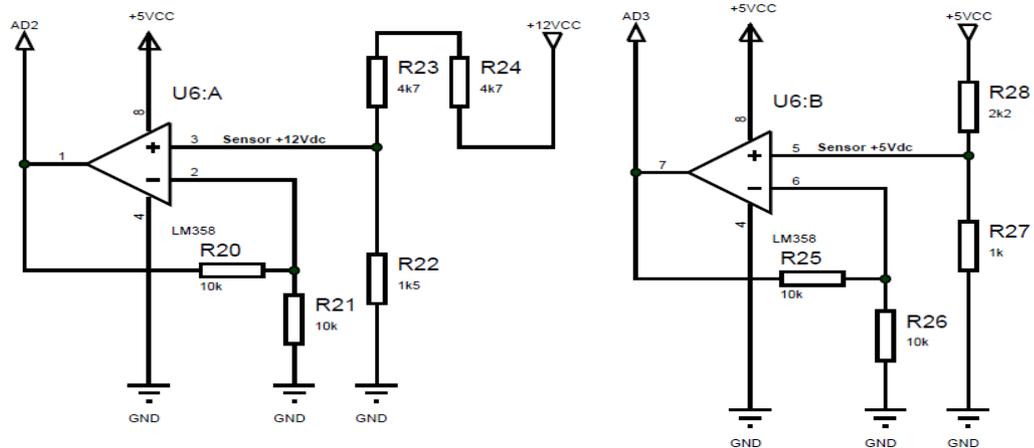
Na Figura 23 apresenta-se o esquema elétrico para a visualização de eventos com o *Display LCD* (HITACH, 2011). É composto por uma tela de cristal líquido LCD1 (HD44780) e um resistor variável (potenciômetro) RV1. O visor LCD1 está configurado para utilizar 4 bits de comunicação (D4 a D7) com microcontrolador. O RV1 possui a função de ajustar o contraste do LCD1.

Figura 23 – Esquema elétrico para visualização de eventos com Display LCD.



Fonte: Hitach (2011).

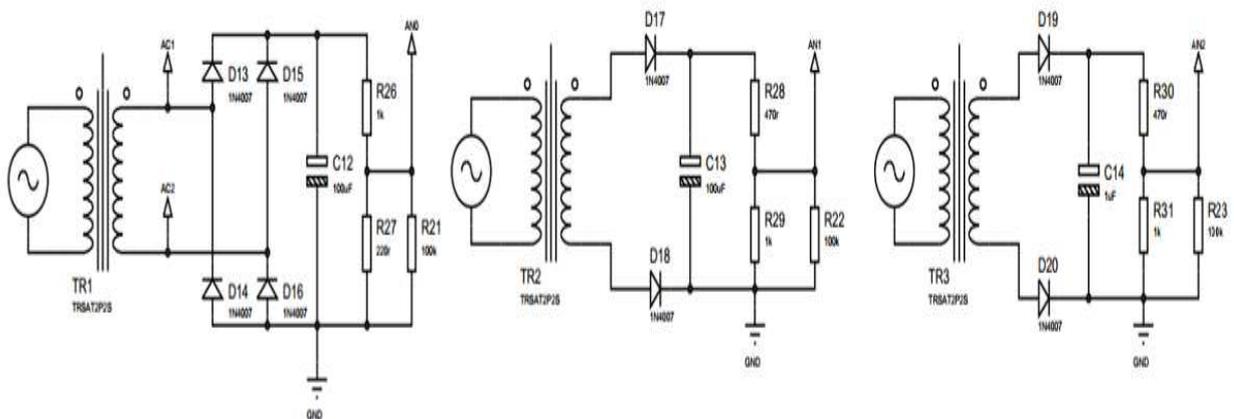
Figura 25 – Esquema elétrico do sensor de corrente contínua.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Na Figura 26 apresenta-se o esquema elétrico do sensor de tensão de corrente alternada. Tem a função de monitorar as tensões de rede elétrica (110V, 220V ou 330V) no quadro de distribuição.

Figura 26 – Esquema elétrico do sensor de corrente alternada - transformadores.



Fonte: Hayonik (2011).

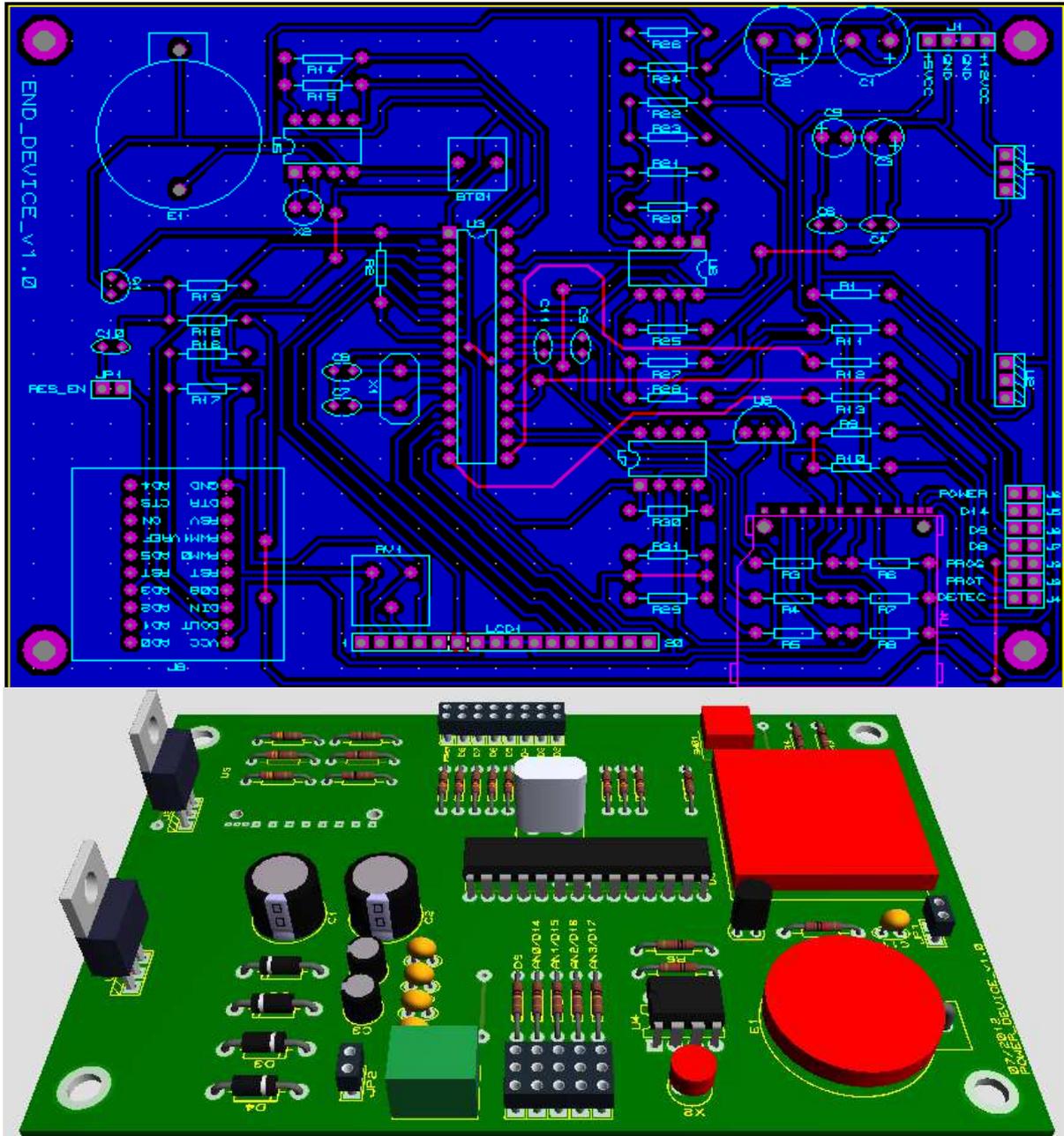
4.1.8 Dispositivos desenvolvidos

Os dispositivos *End Device*, *Rack Device* e *Power Device* foram prototipados e seus *layouts*, e visões são apresentados. No desenvolvimento do projeto, todos os esquemas elétricos foram projetados e simulados com o software ISIS Professional 7 da *Suite Proteus 7.0*. (PROTEUS, 2011). O software ARES Professional 7, que faz parte da mesma *suite*, foi utilizado para o desenvolvimento do *layout* da placa e também para a visualização do projeto em 3D.

4.1.8.1 End Device

O dispositivo *End Device* foi projetado para ser instalado em baias de 5¼ dos servidores legados do *Datacenter*. Na Figura 27 apresentam-se o *Layout* do *End Device* e a visualização do projeto em 3D elaborado com o software ARES Professional 7.

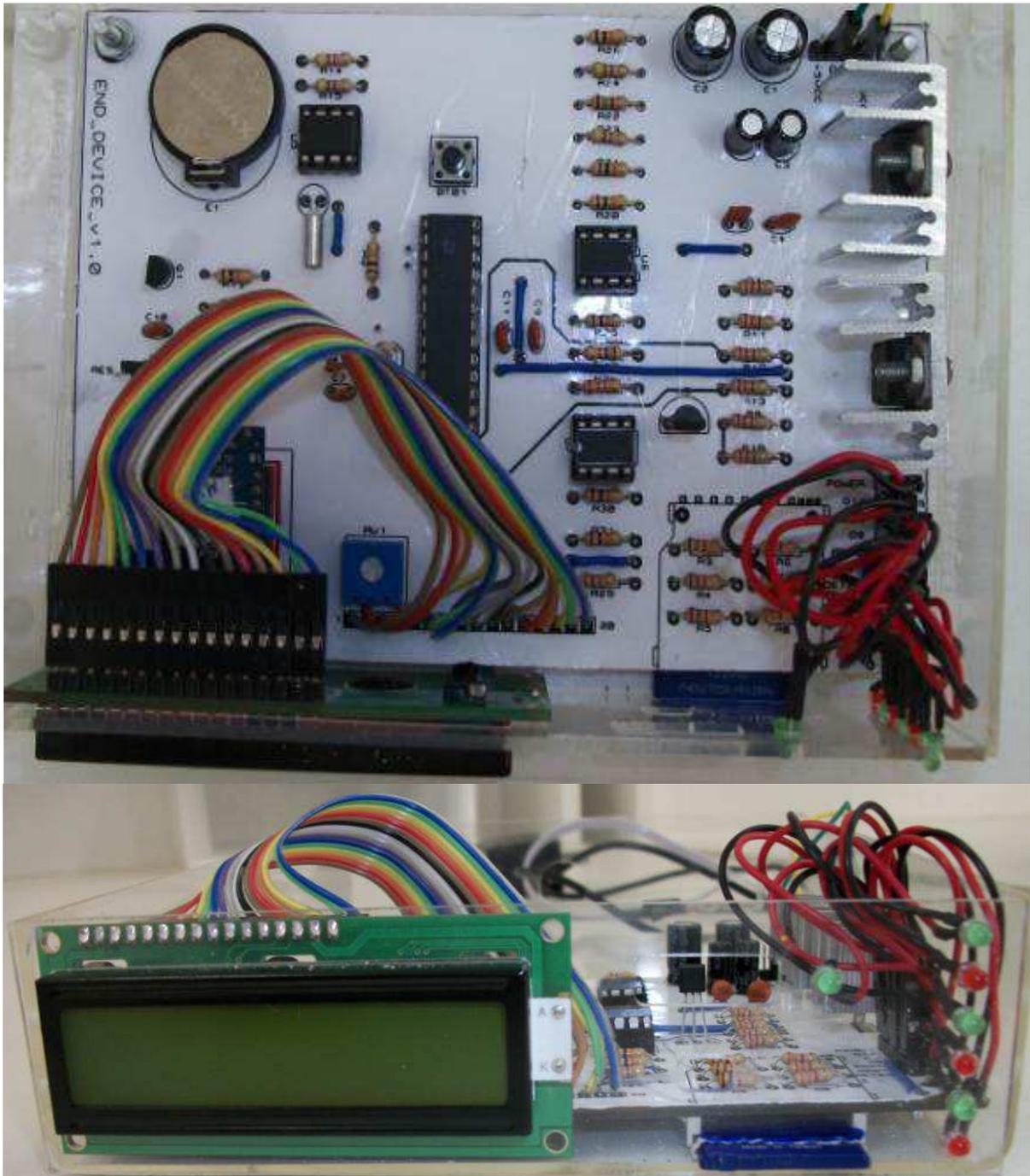
Figura 27 – *Layout* e projeto 3D do dispositivo *End Device*



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Na Figura 28 apresentam-se imagens do *End Device* desenvolvido. A placa foi acondicionada dentro de uma estrutura de acrílico transparente, similar a um drive CD de 5¼. Os principais componentes utilizados nesse projeto foram apresentados no item 4.1, como particularidade dos dispositivos *End Device*, utilizou-se o microcontrolador Atmega 328p (ATMEGA, 2011), o sensor de temperatura LM35(TEXAS INSTRUMENTS, 2011) e o display LCD HD44780 (HITACHI, 2011).

Figura 28 – Imagem do dispositivo *End Device*

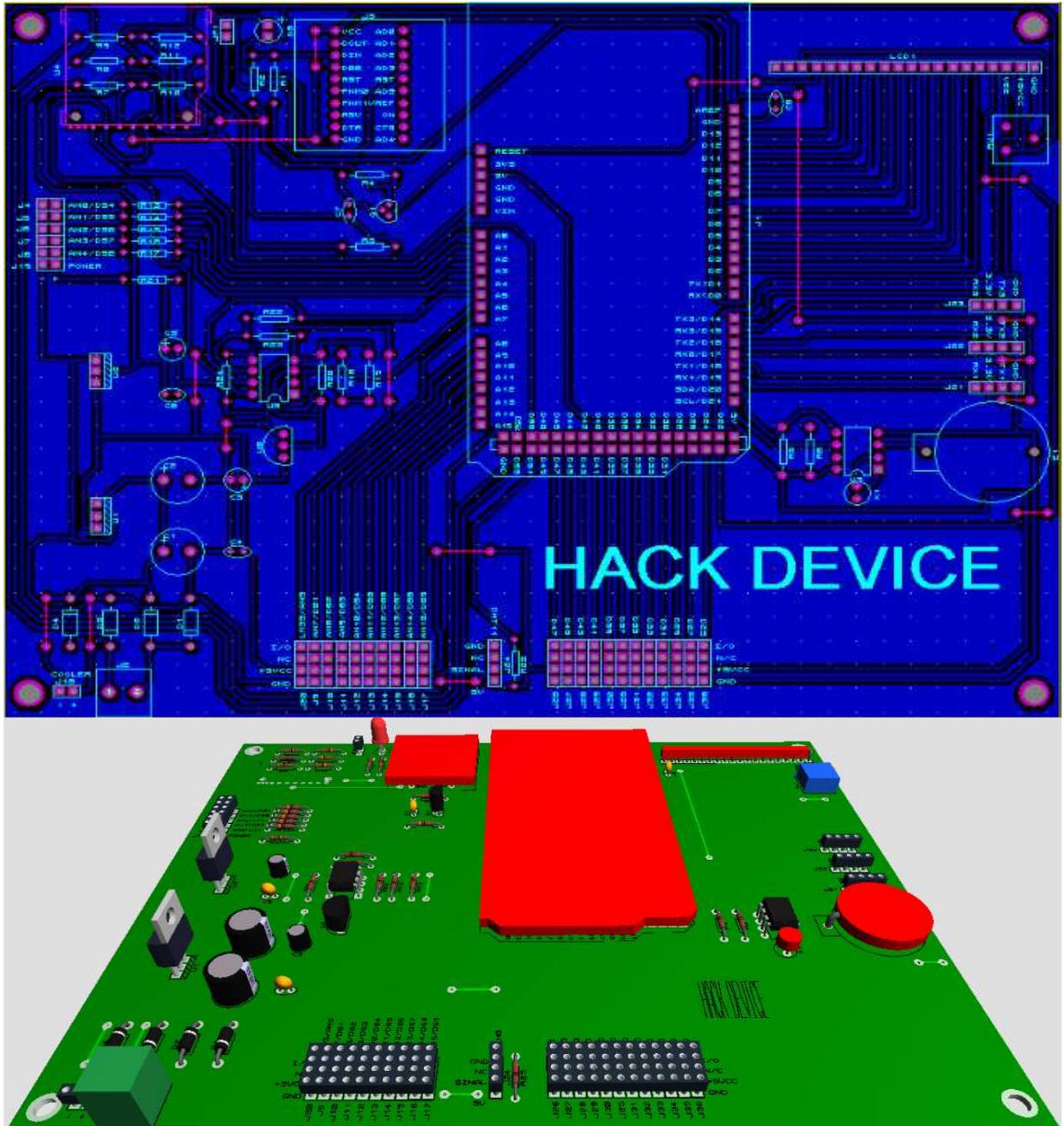


Fonte: Elaboração do próprio autor.

4.1.8.2 Rack Device

O dispositivo *Rack Device* foi desenvolvido para ser instalado no *Rack* de 19 polegadas do *Datacenter*. Na Figura 29 apresentam-se o *Layout* do *Rack Device* e a visualização do projeto em 3D elaborado com o software ARES.

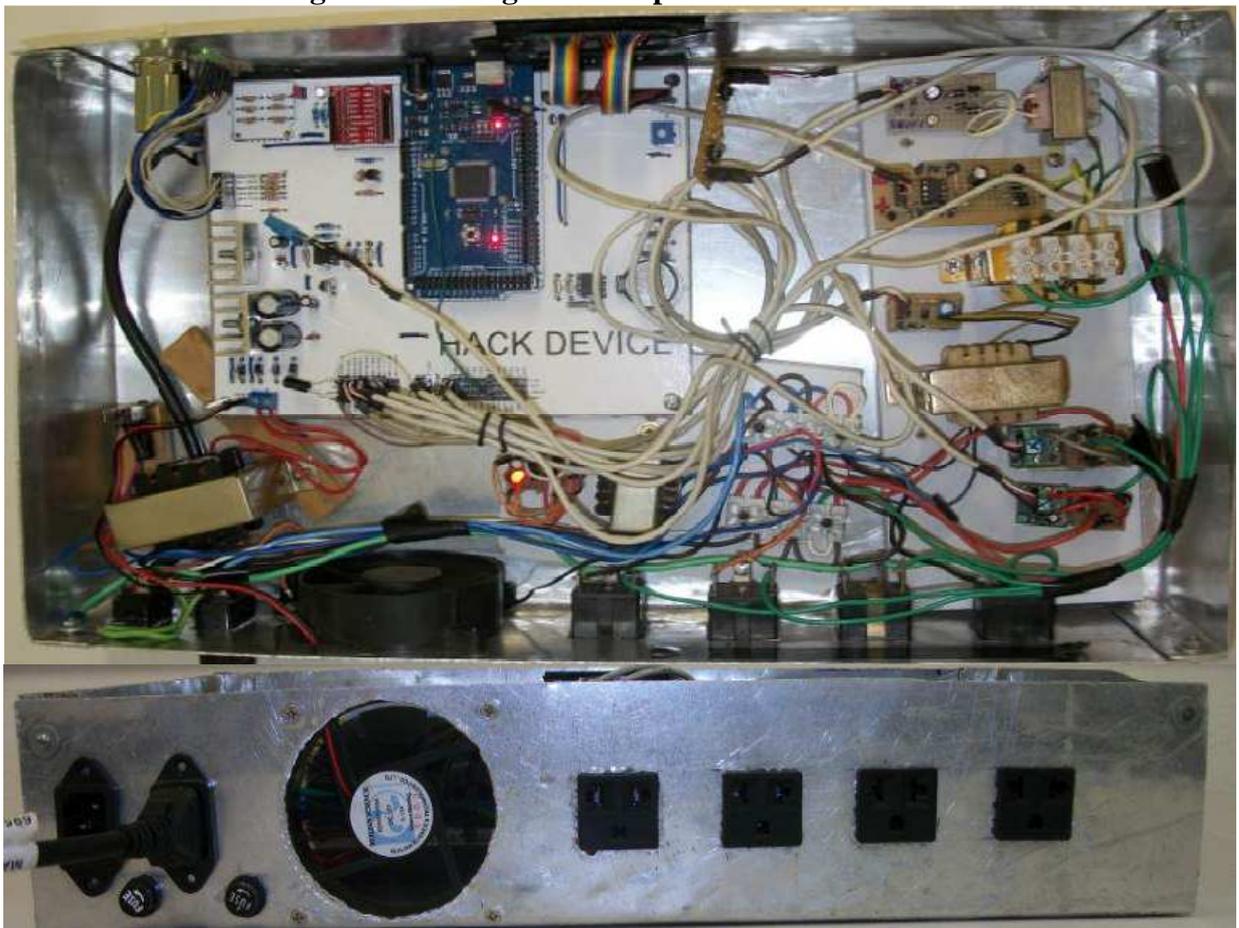
Figura 29 – *Layout* e projeto 3D do dispositivo *Rack Device*



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Na Figura 30 apresentam-se imagens do *Rack Device* desenvolvido. A placa foi acondicionada dentro de uma estrutura de alumínio, similares com equipamentos de 19 polegadas. Os principais componentes utilizados nesse projeto foram apresentados no item 4.1, como particularidade dos dispositivos *Rack Device*, utilizou-se o microcontrolador Atmega 2506 (ATMEGA, 2011), o sensor de temperatura DHT11(MICROBOT, 2011) e o display GLCD KS0108 (HITACHI, 2011), transformadores 110 para 12V de 1Ampére (HAYONIC, 2011).

Figura 30 – Imagens do dispositivo *Rack Device*

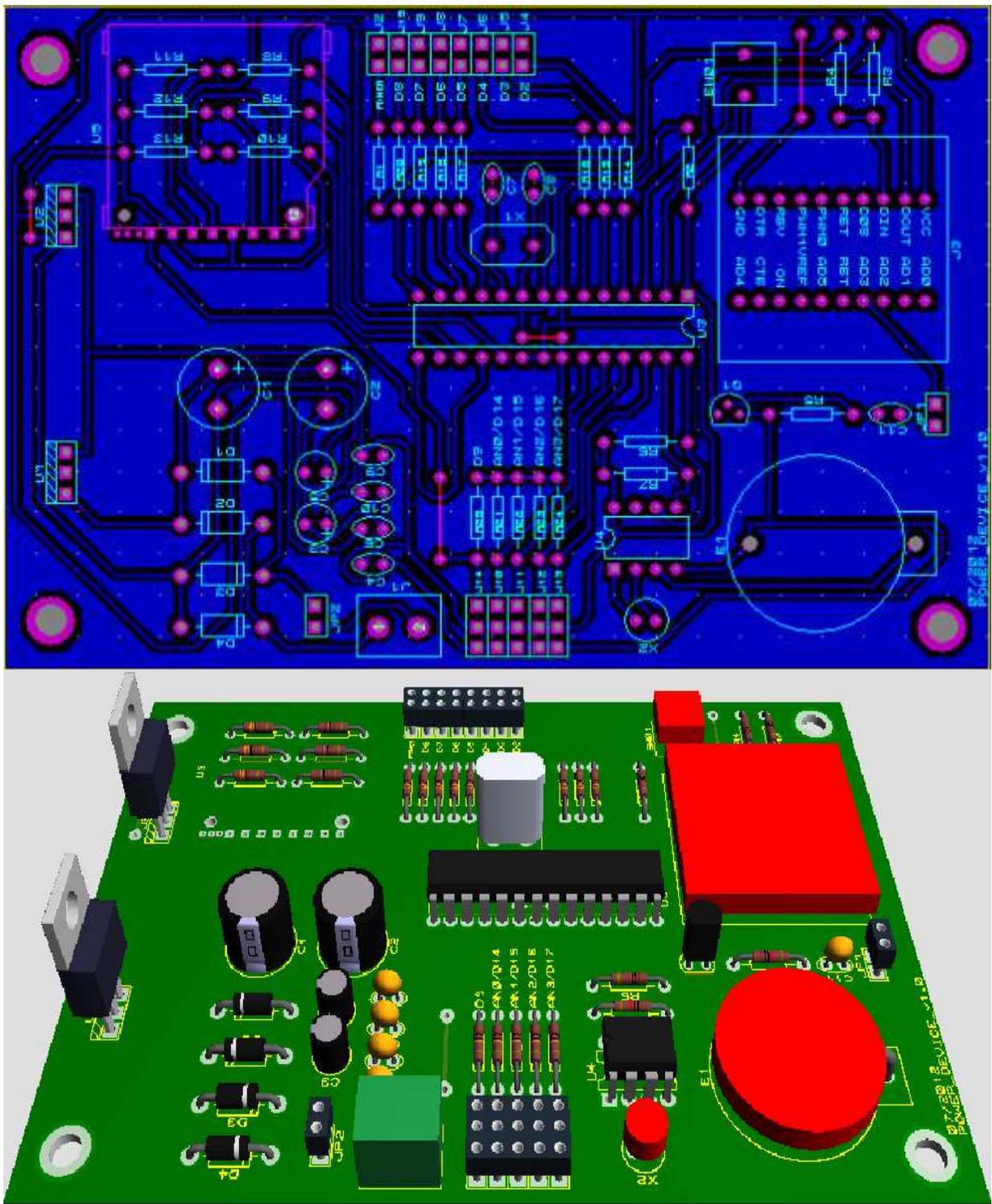


Fonte: Elaboração do próprio autor.

4.1.8.3 *Power Device*

O dispositivo *Power Device* foi desenvolvido para ser instalado no quadro de distribuição de energia do *Datacenter*. Na Figura 31 apresentam-se o *Layout* e a visualização do projeto 3D do *Power Device*.

Figura 31 – Layout e projeto 3D do dispositivo *Power Device*



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Na Figura 32 apresenta-se a imagem do *Rack Device*.

Figura 32 – Imagem do dispositivo *Power Device*



Fonte: Elaboração do próprio autor.

4.2 MÓDULO DE GESTÃO DE COMUNICAÇÃO

A comunicação prevista no modelo é implementada através do desenvolvimento dos dispositivos e seus códigos embarcados, os quais trocam mensagens com o servidor através de uma rede 802.15.4, padrão adotado por questões de acesso definidas no modelo.

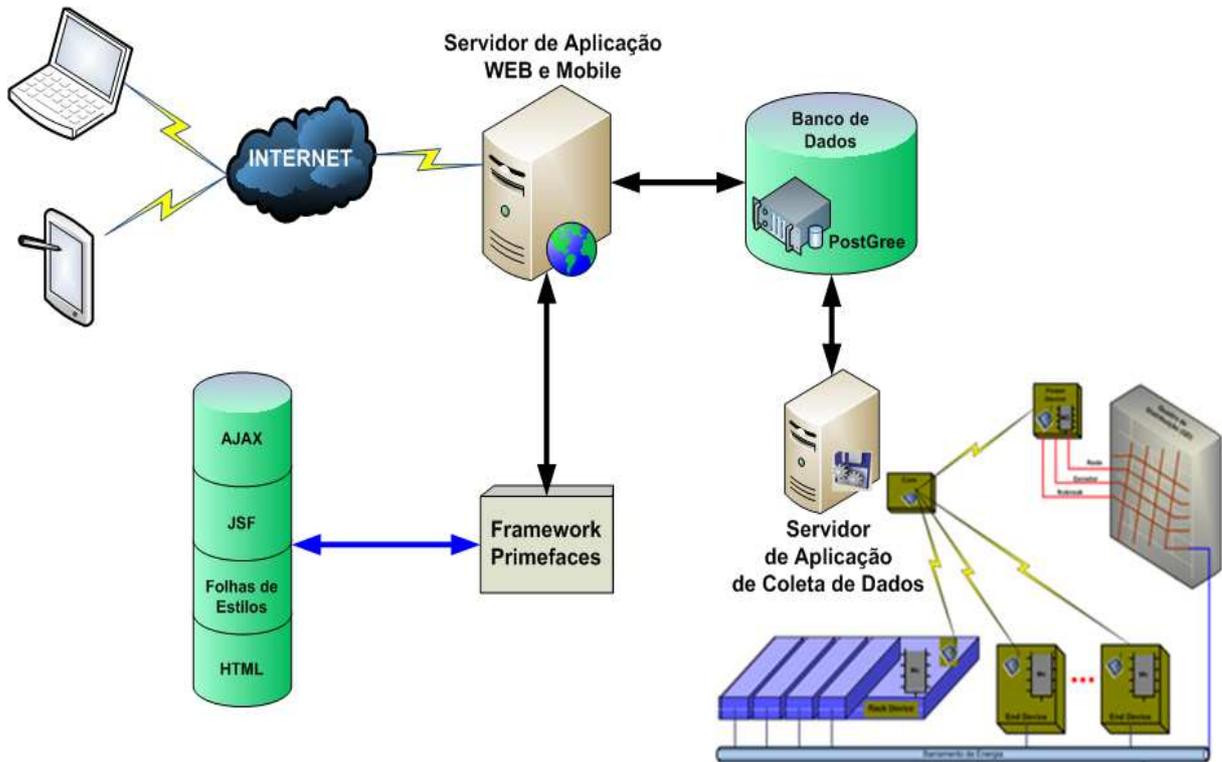
O protocolo de comunicação entre os dispositivos e o servidor de aplicação foram desenvolvidos para atender os requisitos definidos no item 3.3.2 do modelo e seus códigos fontes que são disponibilizados no Apêndice B. No Apêndice F apresenta-se o fluxograma do protocolo de comunicação projetado para os dispositivos.

4.3 MÓDULO DE GESTÃO DA APLICAÇÃO

4.3.1 Infraestrutura de desenvolvimento da aplicação

Apresentam-se na Figura 33, a topologia de desenvolvimento da aplicação, bem como as tecnologias adotadas para cada integrante desta topologia as quais são utilizadas para teste e consequentes validações do modelo.

Figura 33 – Topologia da infraestrutura de desenvolvimento da aplicação



Fonte: Elaboração do próprio autor.

O desenvolvimento da aplicação foi baseado na arquitetura proposta no item 3.6.1, em que três módulos ou interfaces foram implementados, com o uso da arquitetura MVC para desenvolvimento com a tecnologia Java¹³ que é orientada a objeto.

O primeiro módulo é o *desktop*, responsável pela comunicação e coleta de dados dos dispositivos desenvolvidos (*EndDevice*, *HackDevice* e *PowerDevice*). Este módulo é instalado no servidor de aplicação de coleta de dados apresentado na Figura 42, cuja interface é executada em *background*¹⁴ e utiliza de técnicas de gerenciamento de processos, como por exemplo, a *multithread*¹⁵. A aplicação de *desktop* desenvolvida é a única que tem acesso direto aos dispositivos. Os fontes da aplicação *desktop* são disponibilizados no Apêndice C, item 1.

¹³Linguagem Java foi lançada pela Sun Microsystems em 1995, uma aplicação Java é executada sobre uma máquina virtual. (LUCKOW; MELO, 2010).

¹⁴Aplicação que é executada como serviço do sistema operacional, sua interface é invisível para o usuário.

¹⁵Múltiplos processos independentes executados pelo sistema operacional.

O segundo módulo é o da aplicação *Web*, desenvolvido com o objetivo de gerenciar as informações do sistema PROGRIDA. Utiliza o Primefaces (2012), um *framework*¹⁶ de código aberto para o JSF¹⁷. Diversas tecnologias foram utilizadas, entre elas destacam-se o Apache, o Tomcat, e o *Hibernate*, que é utilizado para gerenciar as regras de negócio¹⁸ da aplicação. Toda a implementação da aplicação web é apresentada no Apêndice C, item 2.

O terceiro módulo é o da aplicação *Mobile*, em que algumas funcionalidades da aplicação Web são disponibilizadas para acesso pelos dispositivos móveis, a fim de dar maior interatividade conforme preconiza o modelo. A implementação dos testes da aplicação *Mobile* é apresentada no Apêndice C, item 3.

Por questões de compatibilidade tecnológica e facilidade no desenvolvimento das aplicações, as implementações e testes dos módulos *Web* e *Mobile* foram disponibilizados no mesmo servidor, conforme apresentado na topologia da infraestrutura de desenvolvimento da aplicação.

Apesar de todo o modelo ser baseado no princípio da orientação a objeto, a implementação do banco de dados na maioria das aplicações é relacional¹⁹. O *PostgreSQL* adotado segue este padrão e há necessidade da transformação do modelo conceitual de dados no diagrama de entidades e relacionamentos. A documentação relativa ao banco de dados é apresentada no Apêndice D.

4.3.2 Fase de implementação e testes do modelo

A fase de implementação e testes do modelo foi desenvolvida baseada nas boas práticas de Engenharia de Sistemas.

A ferramenta *Eclipse* (ECLIPSE, 2012) foi selecionada para o desenvolvimento da aplicação. Na Figura 34 apresenta-se a estrutura da aplicação no padrão MVC conforme proposta na seção 3.6.1.

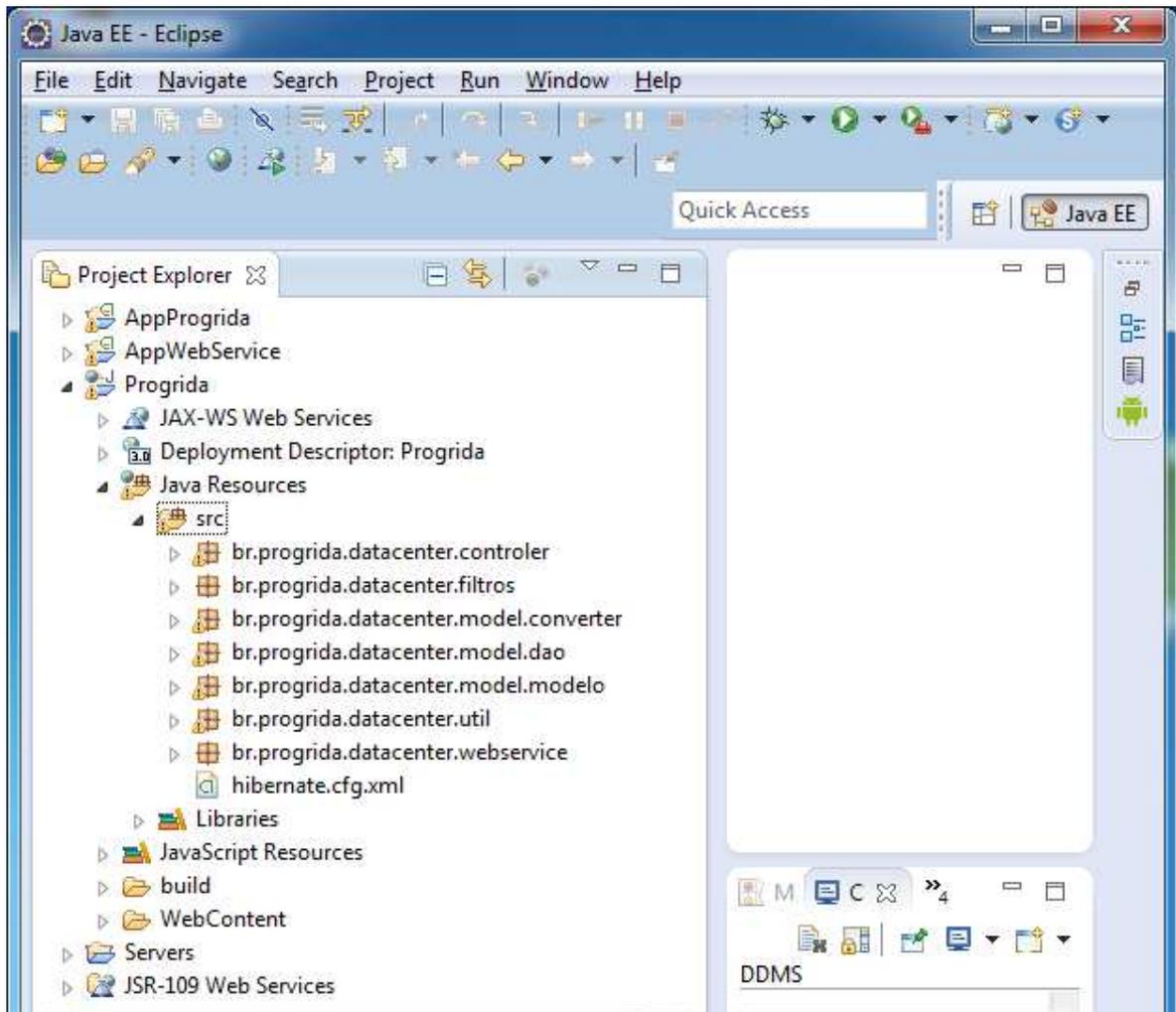
¹⁶É uma biblioteca de componentes utilizadas no desenvolvimento de aplicações.

¹⁷É a especificação de um *framework* de componentes para desenvolvimento *web* em Java.

¹⁸Utilizado na engenharia de software para especificar as funcionalidades a serem desenvolvidas. Uma regra de negócio é uma transação do sistema que por ser desfeita em caso de falha de integridade dos dados.

¹⁹É o armazenamento, manipulação e recuperação de dados estruturados na forma de tabelas.

Figura 34 – Interface do *Eclipse* para o desenvolvimento no padrão MVC.



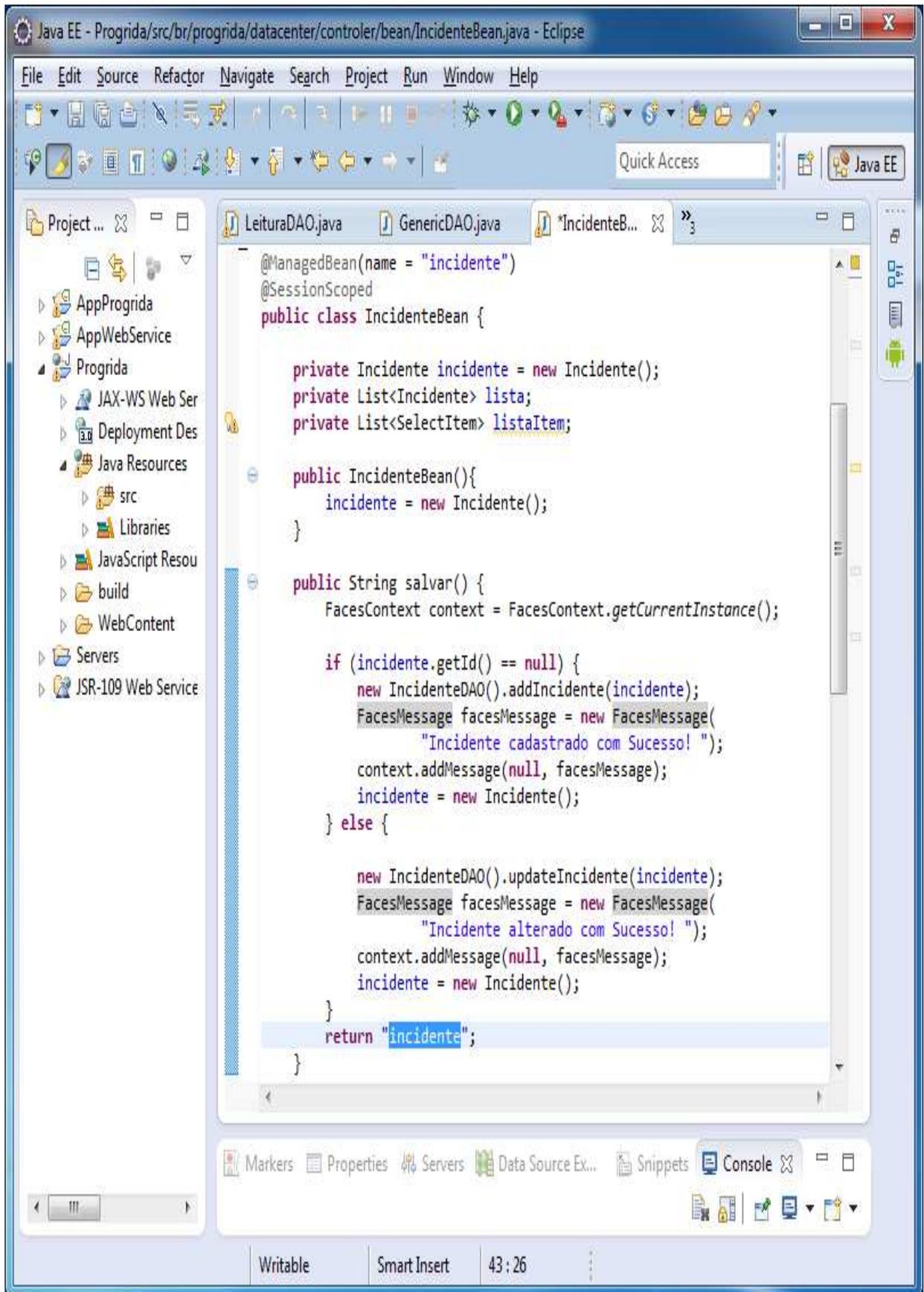
Fonte: Elaboração do próprio autor.

Os artefatos produzidos na fase de análise e projeto são utilizados no desenvolvimento da aplicação, que por premissa são todos orientados a objeto, em que boas práticas no que se refere ao desenvolvimento foram utilizadas.

Na Figura 35 apresenta-se a parte da estrutura da programação orientada a objeto com o Java, a qual é utilizada na implementação do modelo.

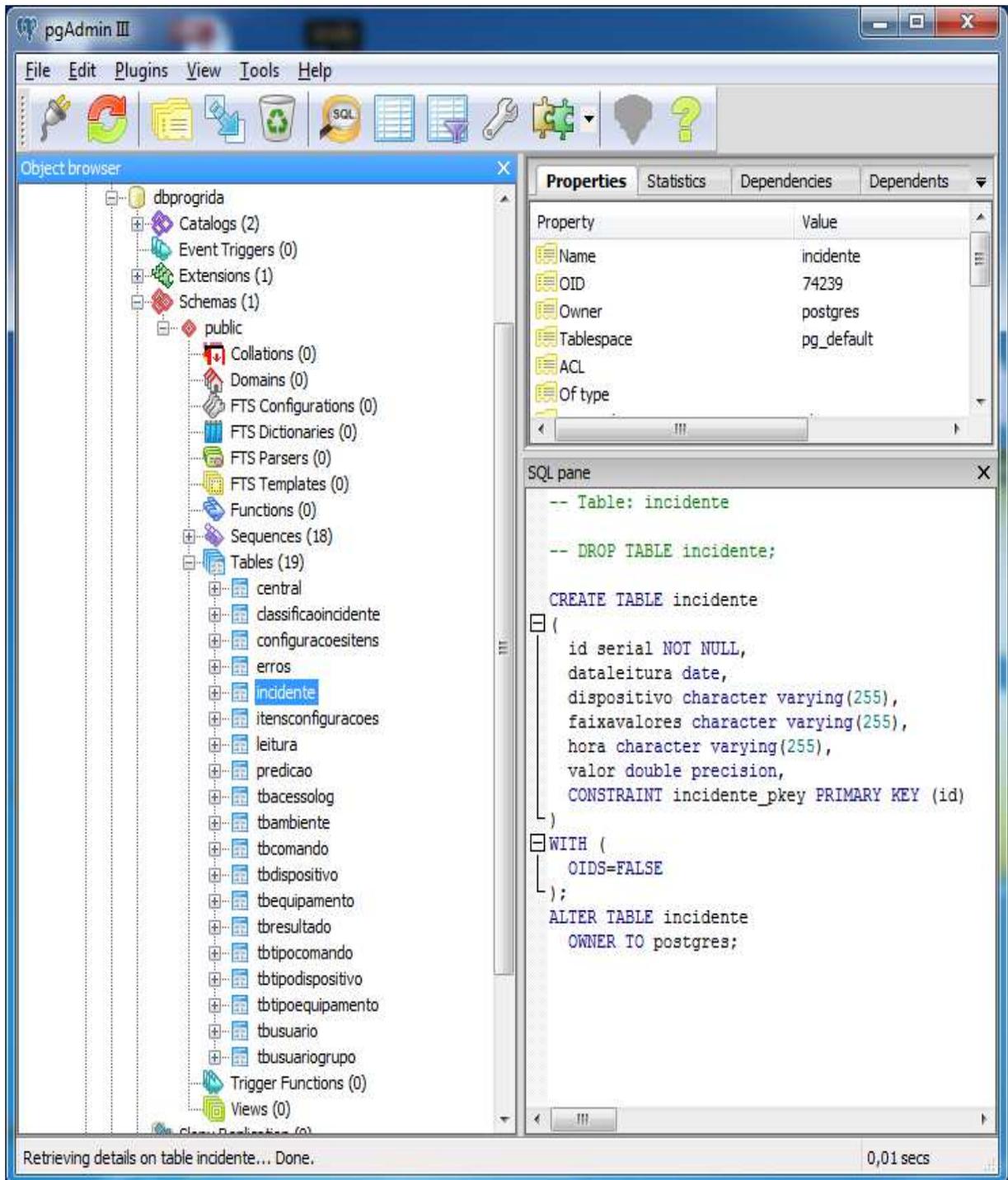
Existem várias ferramentas, livres e proprietárias, utilizadas para o gerenciamento de banco de dados. O *PgAdminIII* (PGADMIN, 2012) é uma ferramenta de gerenciamento para o *PostgreSQL open source* que possui excelente interface para manipulação dos dados. Na Figura 36 apresenta-se como exemplo a interface da ferramenta *pgAdmin III*, com a lista de tabelas do banco de dados utilizadas para a implementação, bem como a descrição dos campos da tabela de incidentes. As informações da modelagem de dados são apresentadas no Apêndice D.

Figura 35 – Parte da estrutura da programação orientada a objeto no Java.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 36 – Informações do banco de dados no *pgAdmin III*.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

4.3.2.1 Interfaces da Aplicação Desktop

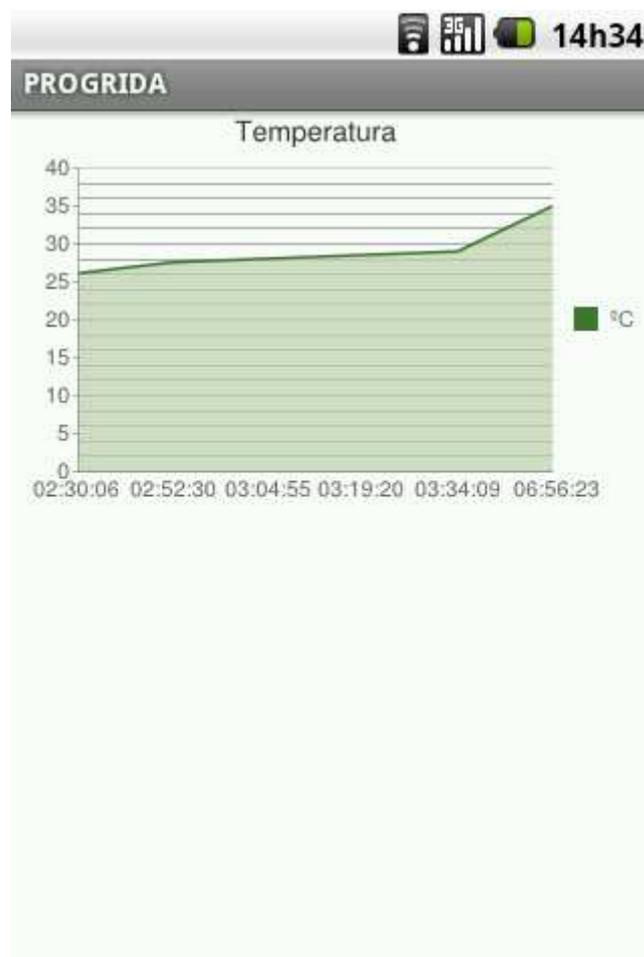
A aplicação *Desktop* foi instalada no servidor de aplicação de coleta de dados, executada em *background*, é programada como um serviço do sistema operacional, e, portando, não possui interface direta com os usuários.

4.3.2.2 Interfaces da Aplicação para Dispositivos Móveis

Esta aplicação tem acesso às informações da base de dados das coletas realizadas pelos sensores, contudo, por questões de segurança adotadas no modelo, esta interface não permite acesso direto aos dispositivos, compreendendo que a permissão de uso de dispositivos mobile nestas funções, abrem possibilidades de acesso indevido a aspectos fundamentais para o funcionamento do sistema de monitoramento.

Estas consultas são *online* e praticamente em tempo real, já que o tempo de envio dos dados pelos dispositivos e gravação dos dados na base é insignificante para a aplicação. Na Figura 37 apresenta-se a um exemplo da interface para os dispositivos móveis do tipo *EndDevice*.

Figura 37 – Exemplo da Interface para Dispositivos Móveis do *EndDevice*.

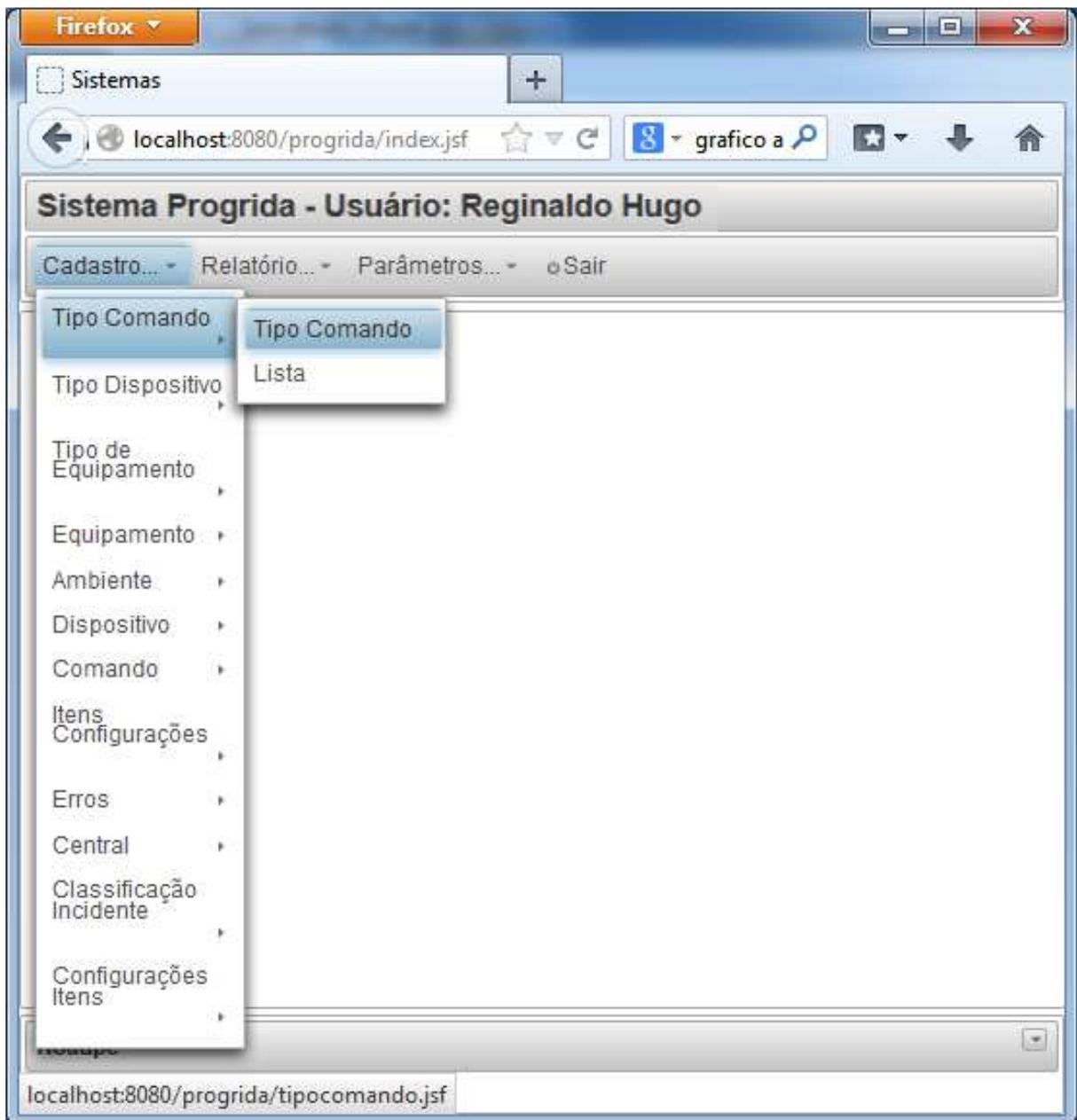


Fonte: Elaboração do próprio autor.

4.3.2.3 Interfaces da Aplicação Web

Na Figura 38 apresenta-se a tela da área de trabalho do usuário, após a autenticação do controle de acesso da aplicação Web. Nesta interface são disponibilizados menus e submenus para manipulação das informações do sistema, bem como as informações dos usuários conectados na aplicação.

Figura 38 – Tela principal da Aplicação Web.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Na Figura 39 apresenta-se a tela de manipulação da tabela de “Itens Configurações” com as operações CRUD. Todas as demais interfaces da aplicação desktop seguem este padrão.

Figura 39 – Interface dos Itens Configurações.

Cadastro Configuracoes Itens

Configuracoes Itens

Comando alterado com Sucesso!

Nome:

5VCC:

12VCC:

Monofasico:

Bifasico:

Temperatura:

Umidade:

Configuracoes:

Salvar

Lista de Configuracoes Itens

(1 of 1) 1 10

Codigo	Nome	Itens Configuracoes	Editar	Delete
1	Valor Crítico Inferior do IC	VCI		
2	Valor Precário Inferior do IC	VPI		
3	Valor Adequado Inferior do IC	VAI		
4	Valor de Referência do IC	VRIC		
5	Valor Adequado Superior do IC	VAS		
6	Valor Precário Superior do IC	VPS		
7	Valor Crítico Superior do IC	VCS		

(1 of 1) 1 10

Fonte: Elaboração do próprio autor.

A *Interface Web* é desenvolvida para acesso às informações da base de dados, a qual apresentando de forma mais visual os resultados obtidos através da disponibilização de diversos tipos de gráficos. Por questões de segurança adotadas no modelo, a aplicação Web não acessa os dispositivos diretamente. Outros produtos foram integrados para melhorar a *Interface web*, entre eles a ferramenta *Pentahoo* (PENTAHOO, 2012), a qual permite a geração de diversos tipos de gráficos e implementa outras técnicas de análise de dados.

4.3.3 Interação

A *interface* denominada *desktop* é uma *interface* interna, ou seja, é uma aplicação que trata de recolher e armazenar no banco de dados os dados gerados pelos dispositivos, este processo é feito em *background* sem a interferência de usuários.

Já a *interface web* possui todas as funcionalidades descritas no item anterior (4.3.2), em que são cadastrados dispositivos, equipamentos, valores de referência, etc. A intenção do projeto foi utilizar um modelo comum e de fácil manipulação para que sejam mitigadas as dificuldades de operação do sistema e de obtenção de resultados das suas funcionalidades.

A *interface mobile*, por sua vez, além de oferecer acesso às informações disponíveis na aplicação *desktop* (todos os dados já coletados dos dispositivos), é responsável por permitir que o sistema envie alertas aos administradores cadastrados sobre ocorrências dentro do ambiente monitorado. Estes alertas são automaticamente enviados pelo sistema e podem utilizar tanto mensagens de texto SMS como por meio de localização de GPRS, de acordo com o cadastro feito pelo usuário.

4.3.4 Predição

A predição prevista no modelo é implementada através da análise dos dados coletados pelos dispositivos. Diversos testes foram realizados a partir da geração dos incidentes e estas funcionalidades podem ser implementadas dentro do sistema, com a utilização de técnicas de regressão linear e ferramentas compatíveis com as tecnologias adotadas na implementação do mesmo. No Capítulo 5 são apresentadas algumas destas análises.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS REALIZADOS NO DATACENTER DO CEPROMAT

O Centro de Processamento de dados do Estado de Mato Grosso – CEPROMAT através da Lei nº 8.199, de 11 de novembro de 2004 foi instituído gestor como Sistema Estadual de Informação e Tecnologia da Informação do Estado e sua infraestrutura ficou disponível para todos os órgãos do Governo do Estado de MT, assim:

Art. 7º Compete ao Centro de Processamento de Dados do Estado de Mato Grosso - CEPROMAT, nos termos das orientações e diretrizes do Conselho Superior do Sistema Estadual de Informação e Tecnologia da Informação, no âmbito do Poder Executivo do Estado de Mato Grosso:

...

IV - a administração da infra-estrutura corporativa de tecnologia da informação do Poder Executivo do Estado de Mato Grosso.

...

Os testes realizados foram autorizados pelo CEPROMAT através de processo interno. A partir do dia 19/09/2012 foram instalados os dispositivos no *Datacenter* do CEPROMAT. Na Figura 40 apresenta-se o Ambiente de Servidores do *Datacenter* do CEPROMAT.

Figura 40 – Ambiente de Servidores do *Datacenter* do CEPROMAT.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

No *Datacenter* do CEPROMAT existem 22 (vinte e dois) equipamentos servidores em operação que fazem parte do legado da empresa. Na Figura 41 apresentam-se estes equipamentos que não possuem nenhum tipo de gerenciamento de infraestrutura nos termos definidos pelo modelo proposto no Capítulo 3.

Figura 41 – Ambiente de Servidores Legado do *Datacenter* do CEPROMAT.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

5.1 CENÁRIO IMPLEMENTADO

O modelo de gestão de predição de falhas no gerenciamento de infraestrutura de *Datacenter* – PROGRIDA foi implementado no *Datacenter* do CEPROMAT. Inicialmente foram selecionados dois servidores do legado da empresa que não possuem gerenciamento e estão mais propensos a falhas. Na Figura 42 apresentam-se as fotos tiradas dentro do *Datacenter* com os dispositivos instalados, que incluem além dos servidores, um *rack* de rede e um quadro de distribuição. A Tabela 7 apresenta os detalhes da instalação.

No cenário em questão, foi verificada a qualidade satisfatória dos sinais da rede sem fio estabelecida pelos dispositivos, dada a inexistência de obstrução ou interferência dentro do ambiente do *Datacenter*.

Tabela 7 – Tabela de equipamentos instalados.

Dispositivos	Equipamento	Configuração
<i>Power Device</i>	QD01	Quadro de Distribuição trifásico
<i>Rack Device</i>	Rack de Rede	Possui dois roteadores e um RAS instalados
<i>End Device 01</i>	Serv01	Servidor de Impressão
<i>End Device 02</i>	Serv02	Servidor de Arquivos

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Figura 42 – Ambiente de Instalação dos Dispositivos no *Datacenter*.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

5.2 RESULTADOS DAS ANÁLISES

Inicialmente foram coletados dados no período de 19/09/2012 até o dia 18/10/2012 (29 dias). Este conjunto de registros dos dispositivos é apresentado na Tabela 8:

Tabela 8 – Dados dos dispositivos – Números de registros

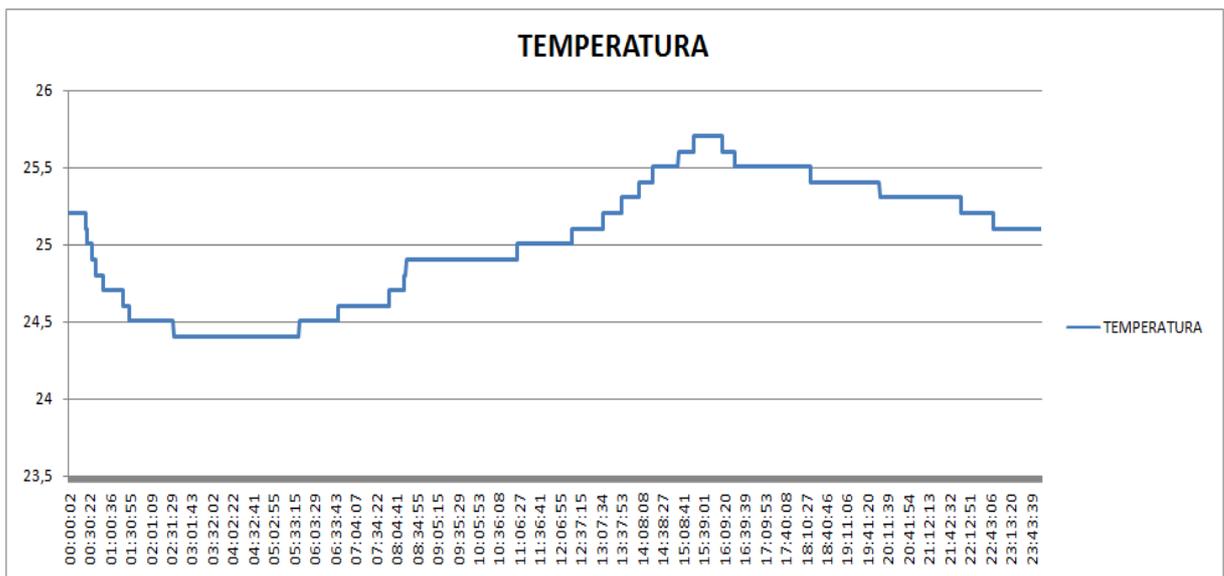
Dispositivos	Número de Registros	Número de Reinicializações
<i>Power Device</i>	501124	29
<i>Rack Device</i>	501038	29
<i>End Device 01</i>	501091	29
<i>End Device 02</i>	501294	29

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Os dados apresentados na tabela anterior, evidenciam a quantidade de registros e as reinicializações do sistema (uma por dia conforme rotina normal do *Datacenter*) efetuadas no período analisado.

No gráfico da Figura 43 apresenta-se em exibição todos os dados gerados no período em monitoramento, com ênfase de 24 horas (dia 20/09/2012) sem ocorrências de alteração em temperatura de um dispositivo *End Device*.

Figura 43 – Um dia monitorado sem ocorrências

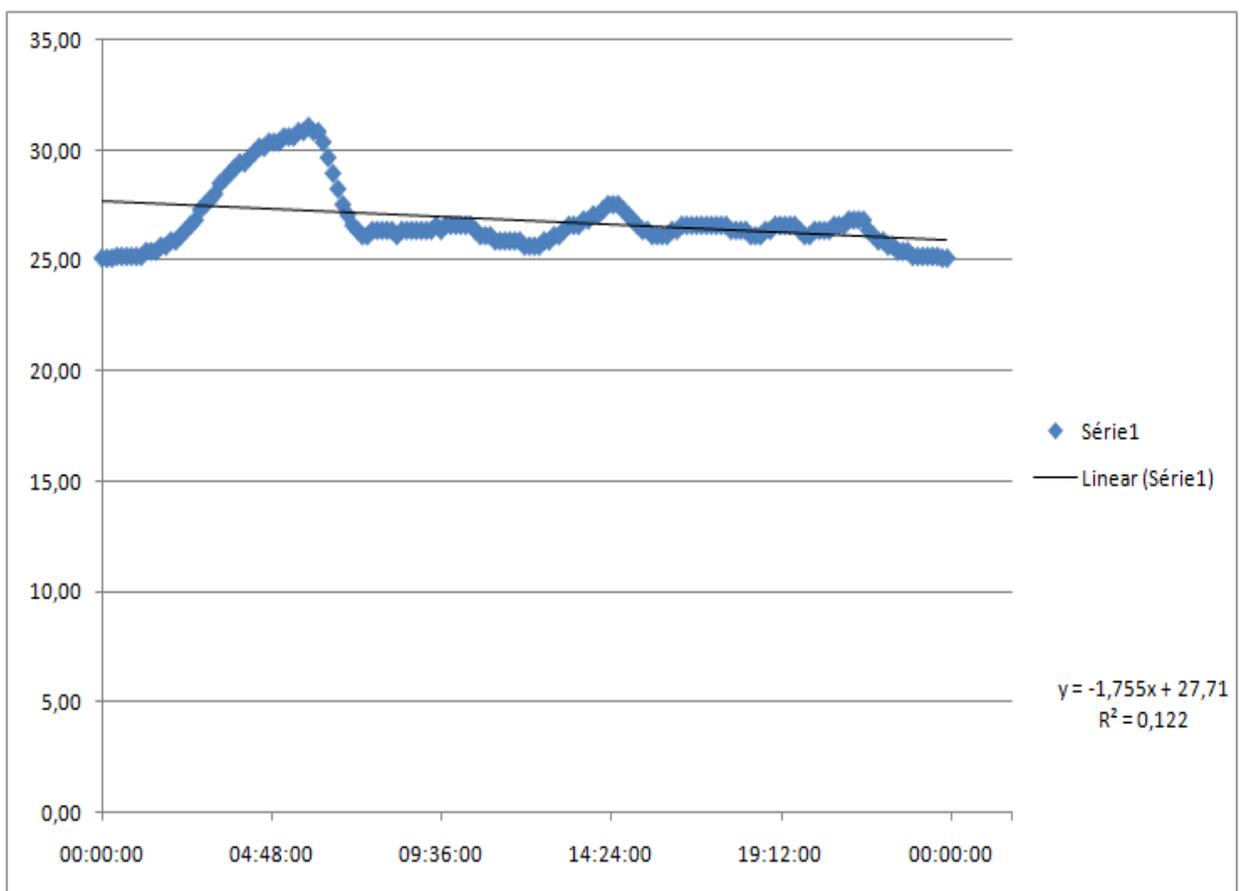


Fonte: Elaboração do próprio autor.

Como mostrado no gráfico, a variação de temperatura não é significativa e mantém-se abaixo dos 26° C. Neste caso, não houve qualquer ocorrência registrada de acordo com os limites estabelecidos.

O gráfico da Figura 44 retrata os dados coletados num dia (24/10/2012) no qual houve o registro de uma ocorrência que teve seu pico por volta das 5h.

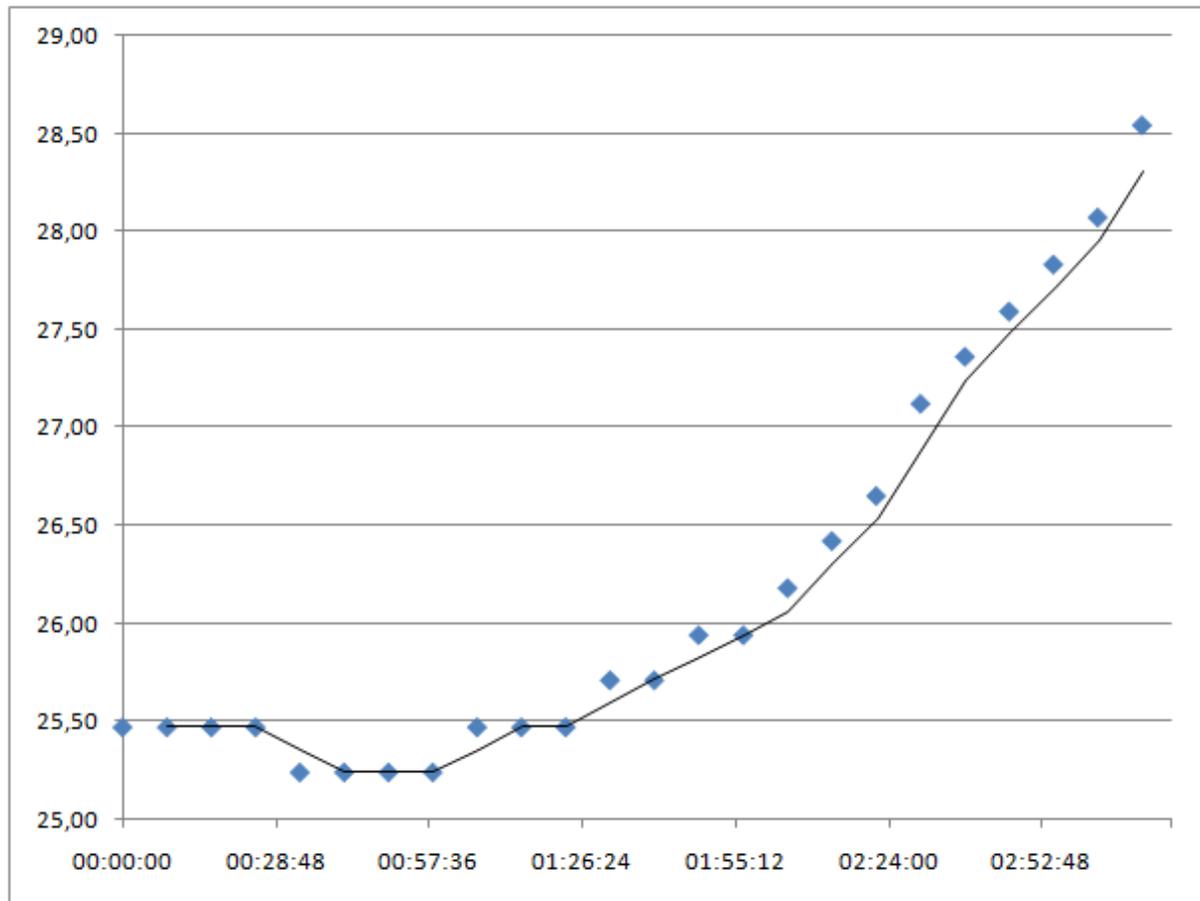
Figura 44 – Dados de registro com uma ocorrência



Fonte: Elaboração do próprio autor.

A ascendente desta ocorrência é ampliada na Figura 45 para melhor possibilidade de análise:

Figura 45 – Ascendente ampliada da ocorrência



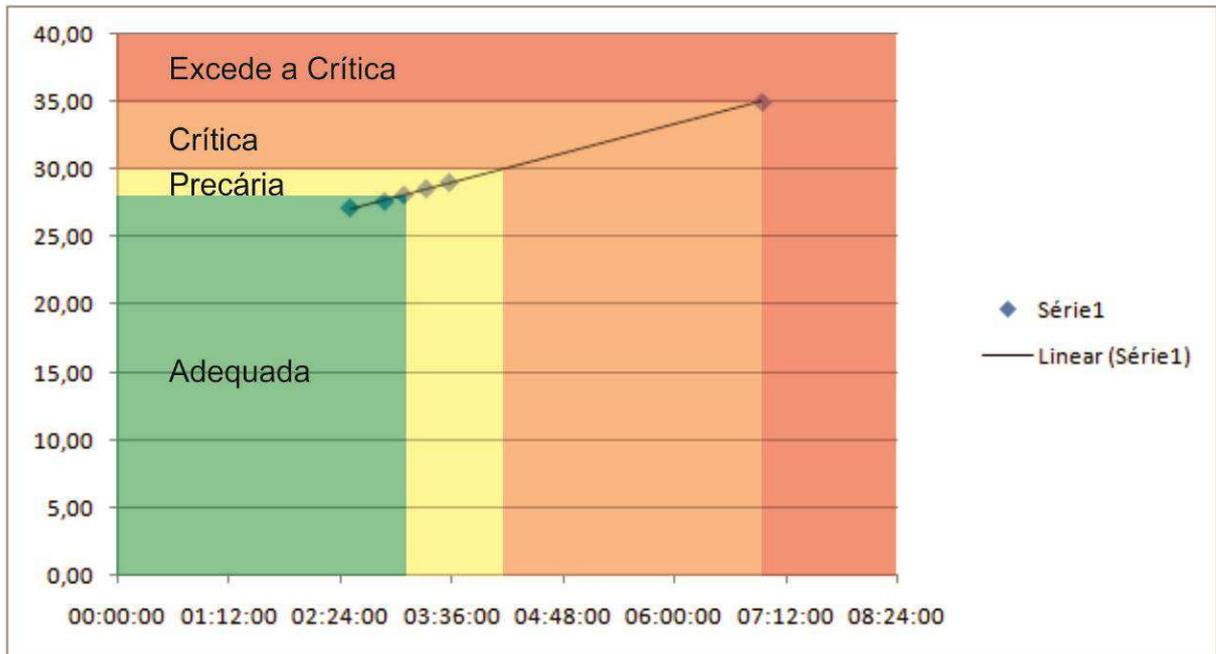
Fonte: Elaboração do próprio autor.

O *End Device* 01 (monitorado) gerou um incidente, exatamente às 02:38:11. Sua tensão de 12VCC estava em 11.83V, de 5VCC estava em 5.12V e a temperatura foi registrada no valor 27.12, acima do Valor Adequado Superior - VAS, gerando assim um registro no banco de dados de incidentes, no qual os gatilhos foram acionados para a Central de Atendimento.

Estes gatilhos podem incluir ainda uma previsão de quanto tempo o administrador dispõe para a solução do problema. Com posse destes dados, o administrador do *Datacenter* consegue programar a ação a ser tomada, acompanhando a curva ascendente da ocorrência pela *interface web* ou *mobile*.

A Figura 46 traz o gráfico gerado com os dados da predição, mostra a tendência de crescimento e ilustra o momento em que os níveis ficariam insustentáveis para o funcionamento do equipamento.

Figura 46 – Relação entre os níveis e a série prevista



Fonte: Elaboração do próprio autor.

Os dados coletados nesta análise nos levam até a faixa de situação precária (amarelo) em que aproximadamente 1h40min a temperatura do dispositivo subiu 2,83 graus. A partir da faixa crítica (faixas laranja e vermelha), trata-se de uma projeção da ascendente em relação à inclinação e tendência da reta.

Por estes cálculos de previsão, em pouco mais de 3h, a temperatura do sistema monitorado passaria de situação precária (faixa amarela) para excedente à crítica (faixa vermelha).

Acionado pela Central, o administrador do *Datacenter* pode verificar os fatores que levaram à elevação da temperatura e inicializar os POPs, o que difere de Raghavendra et al. (2008) que determinou consumos de energia de *Datacenter* através de simulações.

O modelo PROGRIDA foi testado *in loco* no CEPROMAT e por se tratar de um ambiente real, seus resultados trouxeram um quadro de incidente/previsão/ação também real, com ênfase no funcionamento das funções de monitoramento e previsão de falhas do projeto.

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

6.1 CONCLUSÕES

Muito tem se discutido nos dias de hoje sobre a proteção de ativos tangíveis e intangíveis das organizações, principalmente no que se refere à informação, dada a importância que este material assumiu na sociedade contemporânea. Vários trabalhos buscam de formas diferentes a redução destes prejuízos a ativos (físicos ou lógicos), contudo, as aplicações ainda carecem de maturidade e maior funcionalidade, visto que a necessidade de tratamento destas ocorrências é predominantemente preditiva e não corretiva.

Este projeto busca contribuir para a elaboração de uma aplicação, que, através de um modelo matemático preditivo de controle de incidentes, coloca-se num patamar além das práticas e das métricas atuais de tratamento de risco e medidas corretivas que são comumente empregadas nos ativos da informação, aumentando assim a eficiência no gerenciamento de incidentes. A predição neste caso destina-se aos incidentes ligados aos sistemas legados, pois, dada sua heterogeneidade e tempo de uso em relação aos outros componentes do *Datacenter*, possuem maior risco de gerar ocorrências com perdas de ativos de informação.

O estudo dos conceitos de *Datacenter* e das tecnologias envolvidas no modelo proposto e apresentadas no Capítulo 2 (Estado da Arte dos *Datacenters*), foi decisivo na elaboração do projeto, que teve como resultado um conjunto conciso, eficiente e com custo-benefício favorável, já que aumenta a vida útil de servidores que, por natureza, perdem rapidamente seu valor de mercado.

Este estudo orientou o projeto apresentado na reação às mudanças de temperatura dentro de um ambiente de *Datacenter*, preocupação presente na maioria das publicações. A temperatura, bem como os níveis de tensão dentro de um dispositivo ou no próprio ambiente, são questões de análise de suma importância, para que seja possível manter as condições necessárias para o funcionamento do conjunto de tecnologias do *Datacenter*.

No modelo apresentado (Capítulo 3), com base nas referências constantes na biblioteca ITIL de boas práticas em gerência de infraestrutura de TI, estão inclusos os módulos de Gestão de Hardware, de Comunicação e da Aplicação, os quais já foram implementados em outros projetos e arquiteturas. A contribuição deste trabalho está na gestão da infraestrutura e segurança de forma integrada aos demais módulos utilizados no modelo.

A adequação do modelo proposto à biblioteca ITIL traduz um modelo exógeno e independente, de forma que sua integração ao ambiente de TI ocorra formalmente, fazendo

com que sua utilização e implantação transcorram de maneira familiar aos gerentes e administradores de *Datacenters*, bem como menores possibilidades de rejeição.

Na fase de implementação (Capítulo 4), os esforços foram voltados ao desenvolvimento de um modelo interativo que oferecesse funcionalidades de subsídios de informação ao cargo de administrador de *Datacenters*, de forma a facilitar sua aprendizagem e utilização.

Inclui-se neste aspecto, a funcionalidade de predição de falhas, que permite ao administrador uma projeção de tempo de gestão de incidentes. Tal modelo preditivo utiliza de técnicas estatísticas já consagradas, o que confere confiança à funcionalidade.

Além disso, na fase de implementação, o sucesso dos estudos de hardware e circuitos foram evidenciados na criação de dispositivos autônomos e na sua combinação, por meio de um sistema integrado e sincronizado, o qual oferece uma quantidade tal de informações que, seja de forma automática pelo modelo de predição ou de forma “manual” pelo administrador, tornam possível a análise e inferência num curto período de tempo, o que permite antecipar um incidente e por consequência mitigar, ou anular, os danos causados por uma possível efetivação.

Na análise do funcionamento dos módulos do modelo proposto (Capítulo 5) foram realizadas algumas implementações e episódios registrados mostraram que o modelo de monitoramento auxiliou o gerenciamento da infraestrutura corporativa do Centro de Processamento de Dados do Mato Grosso (CEPROMAT) na detecção de seus incidentes de forma antecipada. Isto evidencia a relevância e aplicabilidade do projeto que por ora se mostra bastante adequado à tarefa, no que se refere ao seu custo de implantação e eficiência do modelo.

Como se trata do monitoramento de sistemas legados, os dispositivos projetados neste trabalho tinham como um de seus requisitos, serem de baixo custo para compensar sua implantação em equipamentos antigos para que o TCO (*Total Cost Ownership* – Custo Total de Propriedade) destes não supere a vantagem de sua manutenção, que é uma preocupação válida e analisada por diversos autores como (QIAN 2012; LIM, 2012). Assim, optou-se então pelo monitoramento apenas dos níveis de tensão, de umidade e temperatura, que demandam componentes mais baratos e que não elevariam demasiadamente o custo do projeto.

Com os dados obtidos no período em que o experimento foi conduzido dentro do CEPROMAT, a gerência de TI do órgão considerou e efetivou a reestruturação e adequação de equipamentos que integram o seu *Datacenter*. Tal ação só foi possível graças à

fundamentação técnica oferecida pelo modelo PROGRIDA que através dos dados coletados, evidenciaram tal necessidade.

6.2 EVOLUÇÃO DO PROJETO

Este projeto teve início na demanda de estudos de sistemas legados. Nossas pesquisas visaram identificar protocolos e topologias de rede para o reaproveitamento de equipamentos obsoletos. Testes indicaram o uso com sucesso do protocolo LTSP.

Os modelos de gestão vieram em seguida como forma de completar de forma padronizada e reutilizável, um sistema de monitoramento de sistemas legados. Destas definições, definiu-se a utilização da biblioteca ITIL, resultando na elaboração do modelo proposto.

O desenvolvimento deste projeto resultou em publicações que são apresentadas no Apêndice G.

6.3 TRABALHOS FUTUROS

Este projeto, ao seu término, mostrou-se eficiente ao que se propôs: facilitar e incrementar a administração de um ambiente de *Datacenter*. Além disso, fundamentou-se uma base de estudos que é esperado a se tornar uma linha de pesquisa voltada à exploração de suas possibilidades:

6.3.1 Aspectos de segurança de hardware

O modelo não permite o acesso de dispositivos móveis às suas funcionalidades, para que a integridade das informações e do próprio *Datacenter* seja mantido.

A utilização de métodos de segurança permitirá a melhoria da interação do administrador através de dispositivos externos ao sistema como celulares, *tablets* e *smartphones*.

É possível, por exemplo, criar um ambiente onde o administrador possa, de forma remota e segura, ligar ou desligar dispositivos, alterar parâmetros de configurações ou permissões de acesso.

6.3.2 Análise de componentes principais

Dado o grande número de leituras realizadas pelos sensores e na busca pela redução do número de variáveis, pode-se considerar o uso da técnica matemática de análise multivariada dos Componentes Principais – ACP (*Principal Component Analysis – PCA*), que possibilita investigações com grande volume de dados, permitindo a verificação das leituras feitas pelos três tipos dispositivos (*End, Rack e Power Device*) e a correlação entre estas leituras com as ocorrências (ou tendências de ocorrências) registradas.

6.3.3 Predição de falhas com a utilização de modelos inteligentes

O modelo preditivo estabelecido através de regressão linear funciona e é eficiente no modelo proposto.

Contudo, a utilização de técnicas de inteligência artificial para análise de dados coletados pode aumentar a capacidade de inferência de forma a melhorar sua precisão e desempenho.

Além da análise de tendência, outros métodos, técnicas e tecnologias podem ser utilizados para a predição, entre eles, destaca-se o uso de Redes Neurais, Lógica *Fuzzy* e *Neurofuzzy*.

6.3.4 Utilização de robôs

Com o PROGRIDA, é possível monitorar tanto os aspectos ambientais quanto os de dispositivos específicos dentro de um *Datacenter*.

Com a utilização de robôs mecanizados, pode-se criar um sistema automatizado de visualização dos dispositivos em tempo real e à distância, detecção de ilhas de calor que extrapolam o alcance dos dispositivos criados e registro de dano aos componentes dos equipamentos eletrônicos através de análise molecular do ar contido dentro do ambiente do *Datacenter*.

6.3.5 Dispositivos para outros tipos de equipamentos

O modelo PROGRIDA foi concebido para atuar em sistemas legados. Porém é possível a criação de diversos outros tipos de dispositivos que também fazem parte da

estrutura de um *Datacenter* como servidores de *rack*, de *blade*, subsistemas de discos, bibliotecas de backup, SAN (*Storage Area Network*), etc.

6.3.6 Implantação do modelo em outras instituições

O modelo PROGRIDA foi implementado no CEPROMAT para o experimento. Na sua condução, várias outras instituições estaduais (como SEFAZ e SESP) e federais (como o TRT e IFMT) se mostraram interessadas em testar a solução, haja vista possuírem a infraestrutura necessária para acomodar o modelo da forma como é proposto.

Desta forma, a condução do modelo e do experimento, suas diversas possibilidades de aplicação e de alternativas e o interesse de instituições em sua implementação, tornam o PROGRIDA um projeto que promete ter uma longa vida de pesquisa e desenvolvimento, característica de grande relevância no campo da evolução científica e tecnológica.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA- ANEEL. **Procedimentos de distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional- Prodist.** [S.l.: s.n.] , 2008. p. 53. (Qualidade de Energia Elétrica Módulo, 8).
- AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE- ANSI; TELECOMMUNICATIONS INDUSTRIES ASSOCIATION- TIA; ELECTRONIC INDUSTRIES ALLIANCE- EIA 942. **Telecommunications infrastructure standard for data centers.** Arlington: Ilson Boulevard, 2005. p. 144.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS- ASHRAE. **Datacom equipment power trends and cooling applications.** Atlanta: Reference and Research Book News, 2005. v. 2, p. 1-27.
- BARROSO, L. A.; HOLZLE, U. **The datacenter as a computer: an introduction to the design of warehouse-scale machines.** Madison: Mark D. Hill, 2009. v. 1, p. 108.
- BHANDARKAR, D. **Watt matters in energy efficiency.** In: GLOBAL FOUNDATION SERVICES OF MICROSOFT CORPORATION. **Server design summit.** Santa Clara: Global Foundation, 2010. p. 1-26.
- CARTER-STEEL, A. P.; POLLARD, C. E. Conflicting views on ITIL implementation: managed as a Project – or business as usual? In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION RESOURCES MANAGEMENT, 1., 2008, Niagara Falls. **Título...** Niagara Falls: CFN People, 2008. p. 1-3.
- DEMETRIOU, D. W. **Thermally aware, energy-based techniques for improving data center energy efficiency.** New York: Ann Arbor, 2012. p. 399.
- DESOT, J. A. **Process mapping of CMMI for services (CMMI-SVC) and IT infrastructure library (ITIL).** Maryland: Ann Arbor, 2011. p. 61.
- ECLIPSE. **Website oficial da distribuição eclipse.** [S.l.: s. n., 200-]. Disponível em: <<http://www.eclipse.org/>>. Acesso em: 18 jun. 2012.
- EVERGREEN. **Developing the business case for ITIL part 2:** evergreen systems. Virginia: [s. n., 200-]. Disponível em: <<http://www.evergreensys.com>>. Acesso em: 20 fev. 2013.
- FAIRCHILD. **Website oficial do fabricante dos produtos fairchild.** [S. l.: s. n., 200-]. Disponível em: <<http://www.fairchildsemi.com>>. Acesso em: 10 de jun. 2011.
- GARCIA, A. S. et al. **Wireless sensor networks Zigbee applied on sewage treatment station.** In: CONFERENCE ON WIRELESS SENSOR SYSTEMS- WSS, 1., 2012, London. **Conference...** London: IET, 2013. p. 1-8.
- HAMILTON, J. **Internet-scale service infrastructure efficiency.** In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COMPUTER ARCHITECTURE, 36., 2009, Texas. **Proceedings...** New York: ACM Publisher, 2009. p. 232-232.
- HAYONIC. **Website oficial do fabricante dos produtos hayonic.** [S. l.: s. n., 200-]. Disponível em: <<http://www.hayonic.com.br>>. Acesso em: 13 de jun. 2011.

HURWITZ, J. et al. **Service management for dummies**. Hoboken: John Wiley Consumer, 2009. p. 336.

KUMBAKARA, N. Managed IT services: the role of IT standards. **Information Management & Computer Security**, United Kingdom, v. 16, n. 4, 2008. p. 336-359.

LEVERICH, J. et al. Power management of datacenter workloads using per-core power gating. **IEEE Computer Architecture Letters**, Nova York, v. 8, p. 48-51, 2009.

LIMA, T. S. R. **Sistema de monitoramento remoto de UPS**. 2009. 95 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Automação Industrial)- Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

LIM, Seung-Hwan. **Managing performance and energy in large scale data centers**. 2012. 109 f. Tese (Doutorado) - The Graduate School, The Pennsylvania State University, Pittsburgh, 2012.

LINUX TERMINAL SERVER PROJECT- LTSP. **Website oficial da distribuição ltsp**. [S.l.: s.n., 200-]. Disponível em: <<http://www.ltsp.org/>>. Acesso em: 17 maio 2011.

LUCKOW, D. H.; MELO, A. A. de. **Programação java para a web**. São Paulo: Novatec, 2010. 640 p.

MAGALHÃES, I. L.; PINHEIRO, W. B. **Gerenciamento de serviços de TI na prática: uma abordagem com base na ITIL**. São Paulo: Novatec, 2007. 667 p.

MICROBOT. **Website oficial do fabricante dos produtos microbot**. [S.l.: s.n., 200-]. Disponível em: <<http://www.microbot.it/>>. Acesso em: 28 de jun. 2011.

MITCHEL-JACKSON, J. **Energy needs in an internet economy: a closer look at datacenters**. 2001. 69 f. Dissertação (Mestrado)- Universidade da Califórnia-Berkeley, Califórnia, 2001.

MULAY, V. P. **Analysis of datacenter cooling strategies and impact of the dynamic thermal management on the datacenter energy efficiency**. 2009. 153 f. Tese (Doutorado)- Department of Mechanical Engineering, University of Texas at Arlington, Arlington, 2009.

MYERS, R. **Business tool and metrics: reference for students and professionals**. Maple Valley: Wash PocketCrib, 2006. 90 p.

PAGE, S. **Achieving 100% compliance of policies and procedures: apply measurements to achieve continuous process improvement**. Westerville: BookMasters. 2000. v. 2, 359 p.

PAKBAZNIA, E.; GHASEMAZAR, M.; PEDRAM, M. Temperature-aware dynamic resource provisioning in a power-optimized datacenter. In: DESIGN, AUTOMATION & TEST IN EUROPE CONFERENCE & EXHIBITION - DATE, 10., 2010, Germany. **Conference ...** Dresden: IEEE Conference Publications, 2010. p. 124-129.

PAROLINE, L. **Models and control strategies for Data Center energy efficiency**. 2012. 194 f. Tese (Doutorado)- Department of Electrical and Computer Engineering, Carnegie Mellon University, Pittsburg, 2012.

PASSERO, D. L. **Frameworks for best practices in information technology management**. 2009. 121 f. Dissertação (Mestrado)- Empire State College, State University of New York, New York, 2009.

PENTAHOO. **Website oficial da distribuição pentahoo**. [S.l.: s.n., 200-]. Disponível em: <<http://www.pentahoo.com/>>. Acesso em: 22 jun. 2012.

PGADMIN. **Website oficial da distribuição pgadmin**. [S.l.: s.n., 200-]. Disponível em: <<http://www.pgadmin.org/>>. Acesso em: 18 jun. 2012.

PRIMEFACES. **Website oficial da distribuição primefaces**. [S.l.: s.n., 200-]. Disponível em: <<http://www.primefaces.org/>>. Acesso em: 22 jun. 2012.

PROTEUS. **Website oficial da distribuição proteus**. [S.l.: s.n., 200-]. Disponível em: <<http://www.labcenter.com/>>. Acesso em: 17 de jun. 2011.

QIAN, H. **Data Center resource management with temporal dynamic workload**. Kansas City: University of Missouri, 2012. 189 p.

RAGHAVENDRA, R. et al. **No power struggles: coordinated multi-level power management for datacenter**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARCHITECTURAL SUPPORT FOR PROGRAMMING LANGUAGES AND OPERATING SYSTEMS- APLOS, 13., 2008, Nova York. **Proceedings...** New York: ACM Publisher, 2008. v. 1, p. 48-59.

RAMALHO, L. A.; OLIVEIRA, R. Rede de sensores como suporte à pesquisa – análise ambiental integrada da sub-bacia Sangue-Arinos (MT). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO-SIMGEO, 3., 2010, Recife. **Título...** Recife: UFPE, 2010. p. 27-30.

SAHAI, A. et al. **Specifying and monitoring guarantees in commercial grids through SLA**. In: INTERNACIONAL SYMPOSIUM ON CLUSTER COMPUTING AND THE GRID-CCGRID, 3., 2003, Tokio. **Proceedings...** Tokio: IEEE Conference Publications, 2003. p. 1-8.

SOFTWARE ENGINEERING INSTITUTE- SEI. **CMMI® for services, version 1.2: improving processes for better services**. Pittsburgh: Carnegie Mellon University, 2009. p. 602. (Technical Report CMU/SEI-2009-TR-001 and ESC-TR-2009-001).

SHARMA, R. K. et al. **Balance of power dynamic thermal management for internet Datacenters**. Cleveland: Internet Computing IEEE, v. 9, p. 42-49, 2005.

_____. On building next generation Datacenters energy flow in information technology stack. In: ANNUAL COMPUTE CONFERENCE, 8., 2008, Bangalore. **Proceedings...** Bangalore: DBLP Computer Science Bibliography, 2008. p. 18-20.

SPAKFUN. **Website oficial do fabricante dos produtos spakfun**. [S.l.: s.n., 200-]. Disponível em: <<http://www.spakfun.com/>>. Acesso em: 22 de jun. 2011.

STMICROELECTRONICS. **Website oficial do fabricante dos produtos stmicroelectronics**. [S.l.: s.n., 200-]. Disponível em: <<https://www.st.com/>>. Acesso em: 12 de jun. 2011.

TSCHUDI, W. et al. **High-performance data centers: a research roadmap**. Berkeley: Lawrence Berkeley National Laboratory, 2004. p. 1-53.

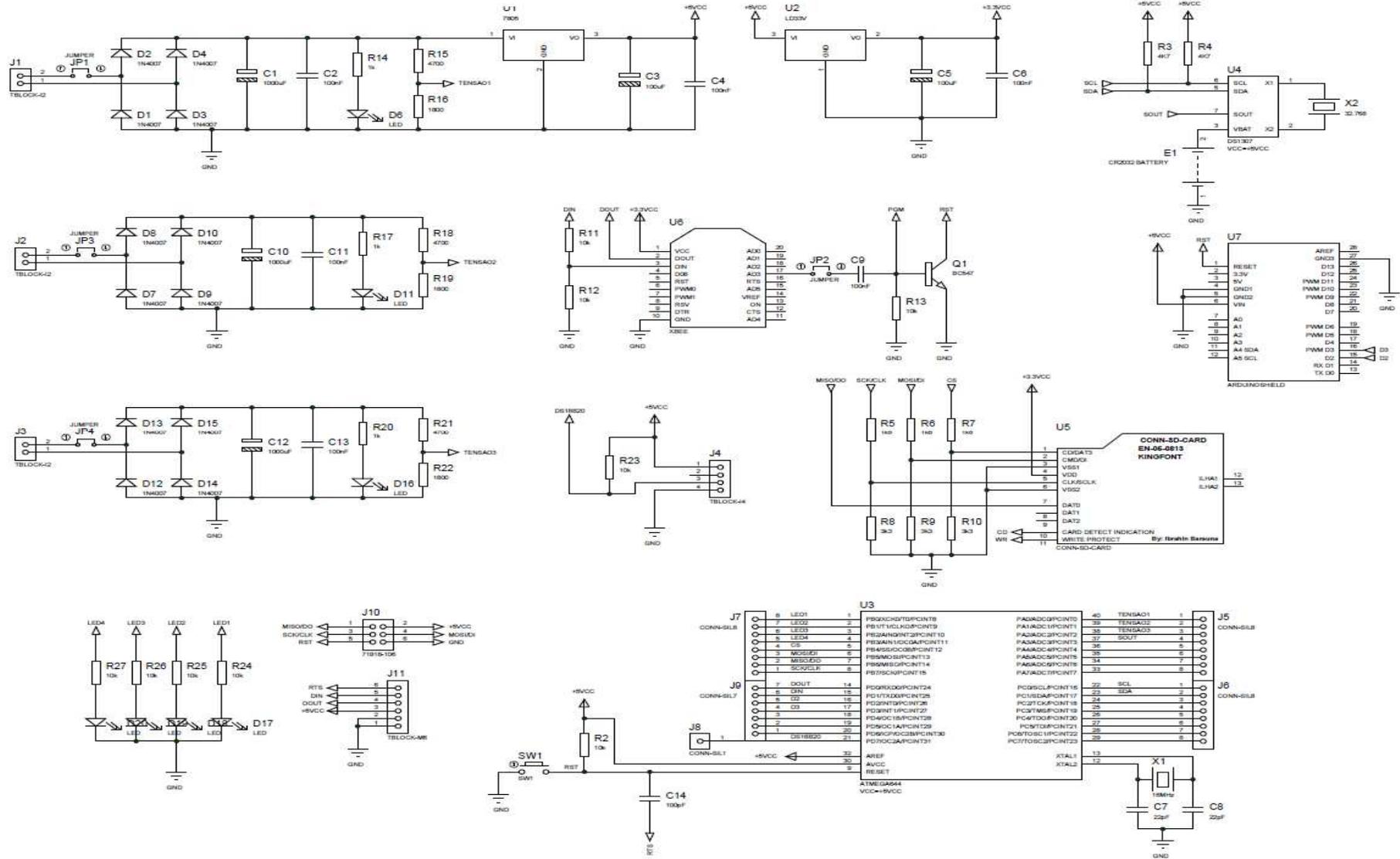
VISWANATHAN, H. et al. **Self-Organizing Sensing Infrastructure for Autonomic Management of Green Datacenters**. New Jersey: Rutgers University, 2011. p. 34 - 40.

WANG, X. Y. et al. Appliance-based autonomic provisioning framework for virtualized outsourcing Datacenter. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AUTONOMIC COMPUTING- ICAC, 4., 2007, Jacksonville. **IEEE Transactions on Autonomic Computing**. Florida: IEEE Conference Publications, 2007. p. 1-10.

YANG, S.; HONG, K.; GU, L. Poster abstract: involving a sensor network system in core datacenter management functions. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CYBER-PHYSICAL SYSTEMS, 3., 2012, Philadelphia. **IEEE/ACM on Cyber-Physical Systems**. Philadelphia: IEEE, 2012. p. 235.

ZHENG, W. **Experiment-based management of Data Centers**. 2012. 136 f. Tese (Doutorado)- Graduate School- New Brunswick Rutgers, University of New Jersey, New Jersey, 2012.

3. ESQMEMA ELÉTRICO DO POWER DEVICE



APÊNDICE B – CÓDIGOS FONTES DOS DISPOSITIVOS

1. CÓDIGOS FONTES DO *END DEVICE*

Os códigos fontes do End Device estão disponíveis no endereço:
<http://200.129.244.94:8080/progrida/fontes/end-device.zip>

2. CÓDIGOS FONTES DO RACK DEVICE

Os códigos fontes do Rack Device estão disponíveis no endereço:
<http://200.129.244.94:8080/progrida/fontes/rack-device.zip>

3. CÓDIGOS FONTES DO POWER DEVICE

Os códigos fontes do Power Device estão disponíveis no endereço:
<http://200.129.244.94:8080/progrida/fontes/power-device.zip>

APÊNDICE C – CÓDIGOS FONTES DAS APLICAÇÕES

1. CÓDIGOS FONTES DA APLICAÇÃO DESKTOP

Os códigos fontes da aplicação desktop estão disponíveis no endereço:
<http://200.129.244.94:8080/progrida/fontes/desktop.zip>

2. CÓDIGOS FONTES DA APLICAÇÃO MOBILE

Os códigos fontes da aplicação mobile estão disponíveis no endereço:
<http://200.129.244.94:8080/progrida/fontes/mobile.zip>

3. CÓDIGOS FONTES DA APLICAÇÃO WEB

Os códigos fontes da aplicação web estão disponíveis no endereço:
<http://200.129.244.94:8080/progrida/fontes/web.zip>

APÊNDICE D – BANCO DE DADOS DO MODELO

1. DICIONÁRIO DE DADOS DO MODELO

```

CREATE TABLE central
(
  id serial NOT NULL,
  email character varying(255),
  nome character varying(255),
  CONSTRAINT central_pkey PRIMARY KEY (id)
)

CREATE TABLE classificaoincidente
(
  id serial NOT NULL,
  nome character varying(255),
  valor integer,
  CONSTRAINT classificaoincidente_pkey PRIMARY KEY (id)
)

CREATE TABLE configuracoesitens
(
  id serial NOT NULL,
  bifasico double precision,
  descricao double precision,
  monofasico double precision,
  nome character varying(255),
  temperatura double precision,
  umidade double precision,
  vcc12 double precision,
  vcc5 double precision,
  iditens integer,
  CONSTRAINT configuracoesitens_pkey PRIMARY KEY (id),
  CONSTRAINT fkbee0b5636b347ab7 FOREIGN KEY (iditens)
    REFERENCES itensconfiguracoes (id) MATCH SIMPLE
    ON UPDATE NO ACTION ON DELETE NO ACTION
)

CREATE TABLE erros
(
  id serial NOT NULL,
  mensagem character varying(255),
  nome character varying(255),
  idclassificacao integer,
  CONSTRAINT erros_pkey PRIMARY KEY (id),
  CONSTRAINT fk5c4d209b4aef50e FOREIGN KEY (idclassificacao)
    REFERENCES classificaoincidente (id) MATCH SIMPLE
    ON UPDATE NO ACTION ON DELETE NO ACTION
)

CREATE TABLE incidente
(
  id serial NOT NULL,
  dataleitura date,
  dispositivo character varying(255),

```

```

    faixavalores character varying(255),
    hora character varying(255),
    valor double precision,
    CONSTRAINT incidente_pkey PRIMARY KEY (id)
)

```

```
CREATE TABLE itensconfiguracoes
```

```

(
    id serial NOT NULL,
    codigodatacenter character varying(255),
    descricao character varying(255),
    maxima double precision,
    minima double precision,
    nome character varying(255),
    responsavel character varying(255),
    situacao character varying(255),
    iddispositivo integer,
    idequipamento integer,
    CONSTRAINT itensconfiguracoes_pkey PRIMARY KEY (id),
    CONSTRAINT fkb16fea7d2f55568f FOREIGN KEY (idequipamento)
        REFERENCES tbequipamento (id) MATCH SIMPLE
        ON UPDATE NO ACTION ON DELETE NO ACTION,
    CONSTRAINT fkb16fea7d823b42e FOREIGN KEY (id)
        REFERENCES itensconfiguracoes (id) MATCH SIMPLE
        ON UPDATE NO ACTION ON DELETE NO ACTION,
    CONSTRAINT fkb16fea7df1725931 FOREIGN KEY (iddispositivo)
        REFERENCES tbdispositivo (id) MATCH SIMPLE
        ON UPDATE NO ACTION ON DELETE NO ACTION
)

```

```
CREATE TABLE leitura
```

```

(
    id serial NOT NULL,
    dataleitura date,
    fase1 double precision,
    fase2 double precision,
    fase3 double precision,
    hora character varying(255),
    nome character varying(255),
    pacote character varying(255),
    temperatura double precision,
    tensao1 double precision,
    tensao2 double precision,
    tensao3 double precision,
    vac1 double precision,
    vac2 double precision,
    vac3 double precision,
    vdc1 double precision,
    vdc2 double precision,
    CONSTRAINT leitura_pkey PRIMARY KEY (id)
)

```

```
CREATE TABLE predicacao
```

```

(
    id integer NOT NULL,
    iddadositensconfiguracoes integer,

```

```

iditensconfiguracoes integer,
CONSTRAINT predicao_pkey PRIMARY KEY (id),
CONSTRAINT fkb315e4691182adeb FOREIGN KEY (iditensconfiguracoes)
    REFERENCES itensconfiguracoes (id) MATCH SIMPLE
    ON UPDATE NO ACTION ON DELETE NO ACTION,
CONSTRAINT fkb315e4694d28294a FOREIGN KEY (iditensconfiguracoes)
    REFERENCES leitura (id) MATCH SIMPLE
    ON UPDATE NO ACTION ON DELETE NO ACTION,
CONSTRAINT fkb315e4695025c85f FOREIGN KEY
(iddadositensconfiguracoes)
    REFERENCES leitura (id) MATCH SIMPLE
    ON UPDATE NO ACTION ON DELETE NO ACTION
)

```

```

CREATE TABLE tbaccessolog
(
    id serial NOT NULL,
    datahorafim timestamp without time zone,
    datahorainicio timestamp without time zone,
    idusuario integer,
    CONSTRAINT tbaccessolog_pkey PRIMARY KEY (id),
    CONSTRAINT fkff5c0e6a87b53deb FOREIGN KEY (idusuario)
        REFERENCES tbusuario (id) MATCH SIMPLE
        ON UPDATE NO ACTION ON DELETE NO ACTION
)

```

```

CREATE TABLE tbambiente
(
    id serial NOT NULL,
    nmambiente character varying(255),
    tagvirtual character varying(255),
    CONSTRAINT tbambiente_pkey PRIMARY KEY (id)
)

```

```

CREATE TABLE tbcomando
(
    id serial NOT NULL,
    comando character varying(255),
    idseq integer,
    idtipocomando integer,
    CONSTRAINT tbcomando_pkey PRIMARY KEY (id),
    CONSTRAINT fk2bd6144ba5079979 FOREIGN KEY (idtipocomando)
        REFERENCES tbtipocomando (id) MATCH SIMPLE
        ON UPDATE NO ACTION ON DELETE NO ACTION
)

```

```

CREATE TABLE tbdispositivo
(
    id serial NOT NULL,
    nmarquivoimg character varying(255),
    nmdispositivo character varying(255),
    versao character varying(255),
    idequipamento integer,
    idtipodispositivo integer,
    CONSTRAINT tbdispositivo_pkey PRIMARY KEY (id),
    CONSTRAINT fk2825f1632f55568f FOREIGN KEY (idequipamento)

```

```

REFERENCES tbequipamento (id) MATCH SIMPLE
ON UPDATE NO ACTION ON DELETE NO ACTION,
CONSTRAINT fk2825f163ae2a29 FOREIGN KEY (idtipodispositivo)
REFERENCES tbtipodispositivo (id) MATCH SIMPLE
ON UPDATE NO ACTION ON DELETE NO ACTION
)

CREATE TABLE tbequipamento
(
  id serial NOT NULL,
  nmequipamento character varying(40),
  idambiente integer,
  idtipoequipamento integer,
  CONSTRAINT tbequipamento_pkey PRIMARY KEY (id),
  CONSTRAINT fkc717701278f65beb FOREIGN KEY (idambiente)
REFERENCES tbambiente (id) MATCH SIMPLE
ON UPDATE NO ACTION ON DELETE NO ACTION,
  CONSTRAINT fkc7177012ecd12787 FOREIGN KEY (idtipoequipamento)
REFERENCES tbtipoequipamento (id) MATCH SIMPLE
ON UPDATE NO ACTION ON DELETE NO ACTION
)

CREATE TABLE tbresultado
(
  id serial NOT NULL,
  dataleitura date,
  horaleitura time without time zone,
  temperatura double precision,
  tensao12v double precision,
  tensao5v double precision,
  iddispositivo integer,
  CONSTRAINT tbresultado_pkey PRIMARY KEY (id),
  CONSTRAINT fk8f4a2cc1fea0e9c6 FOREIGN KEY (iddispositivo)
REFERENCES tbdispositivo (id) MATCH SIMPLE
ON UPDATE NO ACTION ON DELETE NO ACTION
)

CREATE TABLE tbtipocomando
(
  id serial NOT NULL,
  nmtipocomando character varying(255),
  CONSTRAINT tbtipocomando_pkey PRIMARY KEY (id)
)

CREATE TABLE tbtipodispositivo
(
  id serial NOT NULL,
  nmtipodispositivo character varying(255),
  CONSTRAINT tbtipodispositivo_pkey PRIMARY KEY (id)
)

CREATE TABLE tbtipoequipamento
(
  id serial NOT NULL,
  nmtipoequipamento character varying(255),

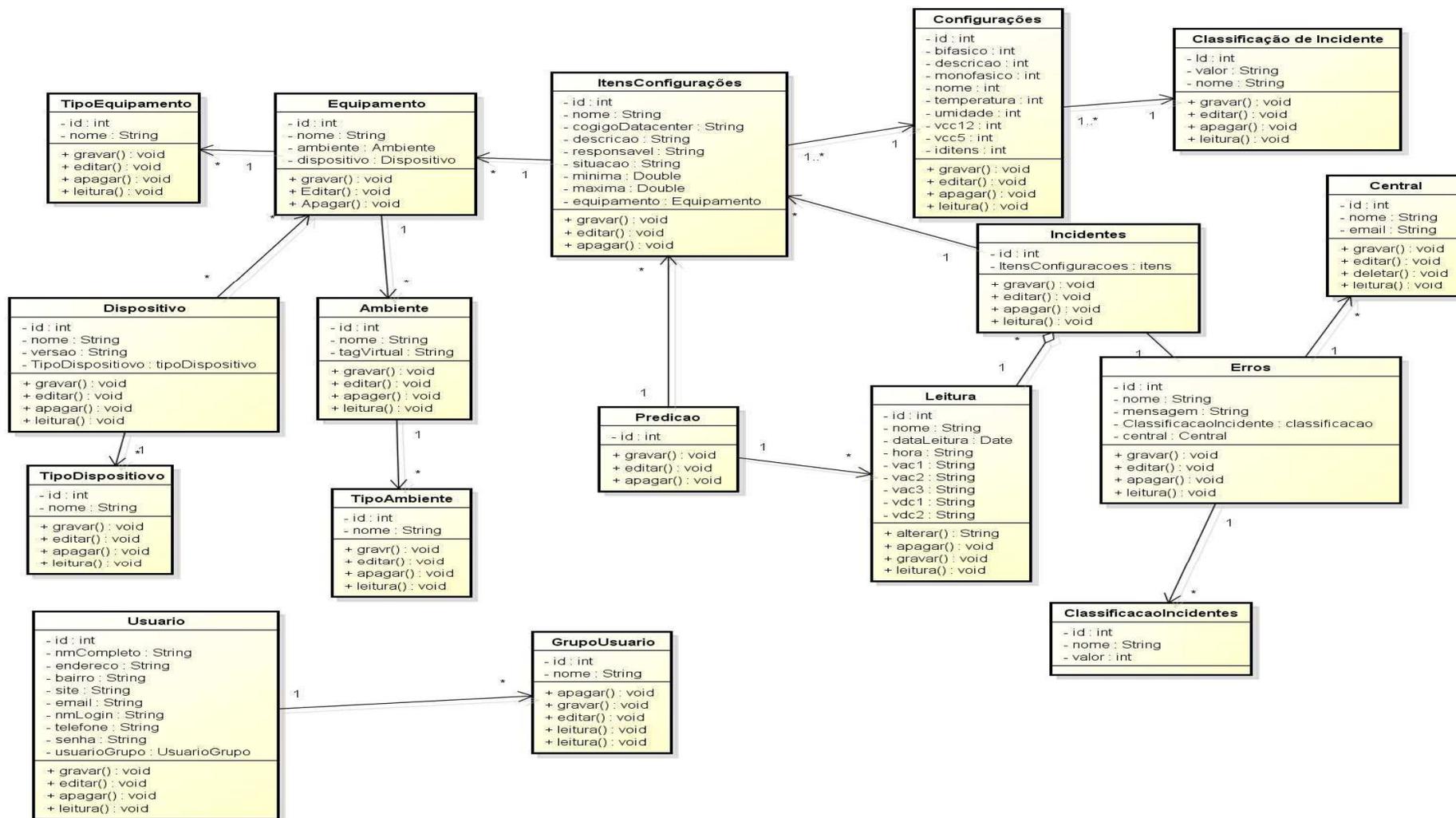
```

```
    CONSTRAINT tbtipoequipamento_pkey PRIMARY KEY (id)
)
CREATE TABLE tbusuario
(
    id serial NOT NULL,
    bairro character varying(255),
    email character varying(255),
    endereco character varying(255),
    nmlogin character varying(255),
    nmcompleto character varying(255),
    senha character varying(255),
    site character varying(255),
    telefone character varying(255),
    idusuariogrupo integer,
    CONSTRAINT tbusuario_pkey PRIMARY KEY (id),
    CONSTRAINT fkeb4a6d00b40ae5a7 FOREIGN KEY (idusuariogrupo)
        REFERENCES tbusuariogrupo (id) MATCH SIMPLE
        ON UPDATE NO ACTION ON DELETE NO ACTION
)

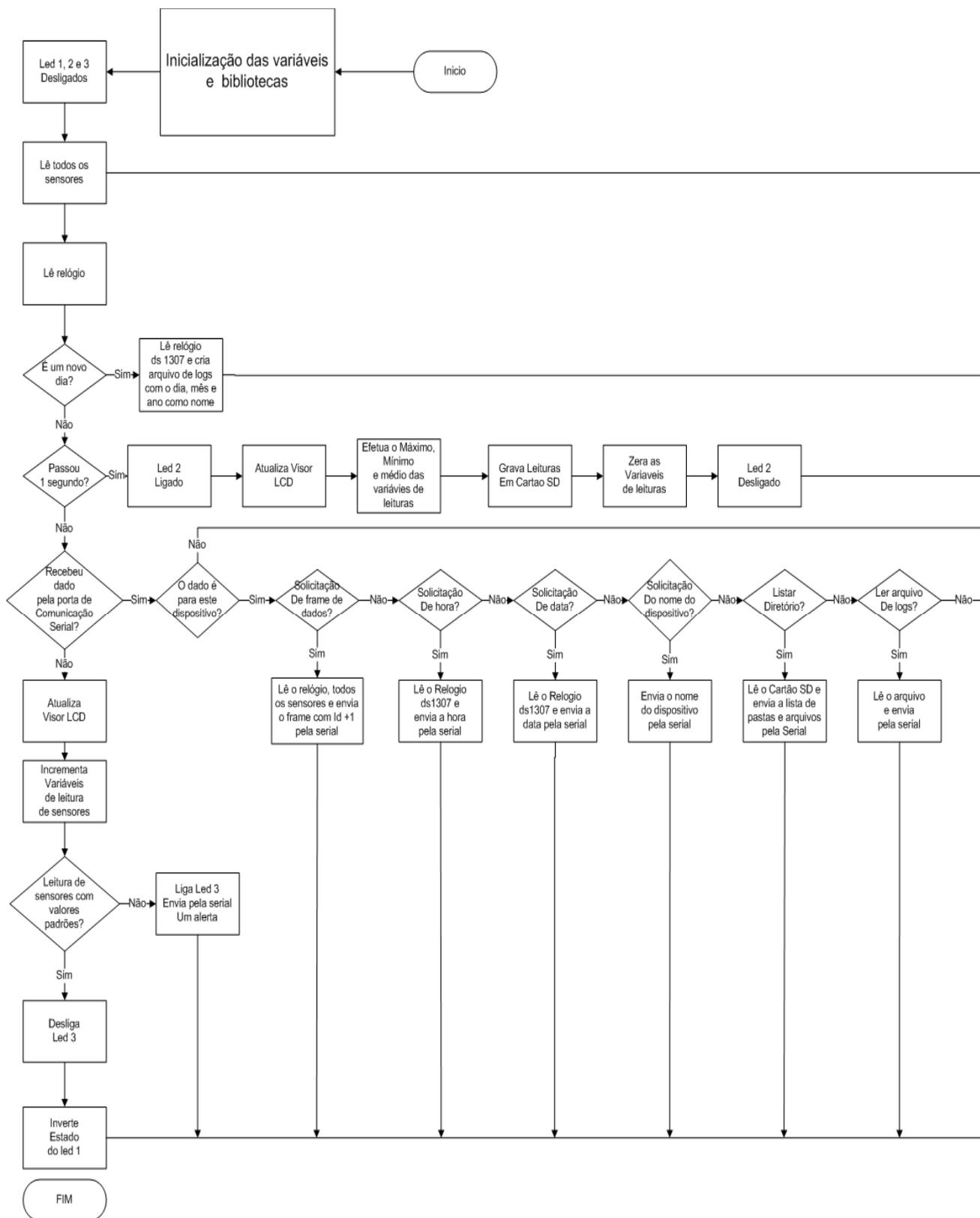
CREATE TABLE tbusuariogrupo
(
    id serial NOT NULL,
    nmusuariogrupo character varying(255),
    CONSTRAINT tbusuariogrupo_pkey PRIMARY KEY (id)
)
```

APÊNDICE E – DIAGRAMA DE CLASSES

1. MODELO CONCEITUAL – DIAGRAMA DE CLASSES



APÊNDICE F – FLUXOGRAMA DO PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO DOS DISPOSITIVOS



APÊNDICE G – PUBLICAÇÕES

“Performance Tests With LTSP” publicado na *IEEE Latin America Transactions* (Revista IEEE America Latina), Volume:10, Issue: 1, *Date of Publication*: Jan. 2012 Page(s): 1394 – 1397.

“Dispositivos para monitoramento e predição de falhas no gerenciamento de infraestrutura de *Datacenter*” publicado no V COMTEL – Congresso Internacional de Computação e Telecomunicações realizado no período de 22 a 25 de Outubro em Lima no Peru.

“*End Device*: Um dispositivo para monitoramento de servidores de *Datacenters*” publicado na Escola Regional de Informática do SBC (Regional Mato Grosso) – ERI-MT 2013 realizado na Cidade de Alto Araguaia–MT, no período de 04 a 08 de novembro de 2013.