

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



**Análise e Desenvolvimento de Sistema de
Gestão de Energia**

João Pedro Landeiro da Silva Tiago

VERSÃO FINAL

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia
Eletrotécnica e de Computadores
Major Automação

Orientador: José António Rodrigues de Pereira Faria (Professor Doutor)

Junho de 2012

A Dissertação intitulada

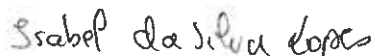
“Análise e Desenvolvimento de Sistema de Gestão de Energia”

foi aprovada em provas realizadas em 19-07-2012

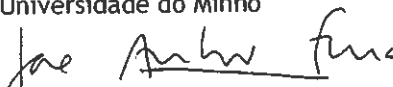
o júri



Presidente Professor Doutor João Paulo Filipe de Sousa
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de
Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



Professora Doutora Isabel Silva Lopes
Professor Auxiliar do Departamento de Produção e Sistemas do Escola de Engenharia
da Universidade do Minho



Professor Doutor José António Rodrigues Pereira de Faria
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Industrial e Gestão da Faculdade
de Engenharia da Universidade do Porto

O autor declara que a presente dissertação (ou relatório de projeto) é da sua exclusiva autoria e foi escrita sem qualquer apoio externo não explicitamente autorizado. Os resultados, ideias, parágrafos, ou outros extratos tomados de ou inspirados em trabalhos de outros autores, e demais referências bibliográficas usadas, são corretamente citados.



Autor - João Pedro Landeiro da Silva Tiago

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Resumo

A avaliação de comportamentos de consumos energéticos e dos custos associados tem vindo a constituir uma crescente necessidade para qualquer organização que tenha a competitividade como objetivo. Aliando ainda o progressivo aumento da preocupação com a racionalização de energia e também dos custos, dispor de uma aplicação capaz de suportar decisões no âmbito da gestão de consumos poderá conduzir à tomada de medidas importantes e a poupanças significativas.

Como tal, o objetivo desta dissertação é especificar, desenhar e desenvolver um sistema de apoio à decisão na área da gestão de energia e dos consumos, tendo como alvo edifícios na área dos serviços, como sejam as universidades, torres de escritórios, centros comerciais ou hospitais. Este projeto foi também motivado por uma declarada necessidade do Grupo Sonae, que, como tal, potenciou um teste à aplicabilidade de toda a aplicação.

Todo o desenho desta aplicação assenta num paradigma de sistemas de apoio à decisão que consiste, utilizando noções de Business Intelligence, não focando na quantidade de dados exibidos, mas sim na sua importância para o utilizador, proporcionando através de uma *interface* de simples utilização um conjunto de ferramentas orientado à tomada de decisões.

A metodologia utilizada está dividida em dois grandes segmentos. Numa primeira fase foi feito um levantamento das principais aplicações desta área existentes no mercado, bem como das tecnologias utilizadas. A segunda consiste na aplicação do método de engenharia, partindo de um conjunto de necessidades, passando pelo desenho conceptual e finalmente a implementação.

As principais ferramentas utilizadas foram a framework .NET C# sobre Microsoft Visual Studio 2012 e Microsoft SQL Server 2012.

Abstract

The evaluation of energy consumption behavior and associated costs is an issue that should concern any competitive organization. Also, combining this with the growing need to rationalize, not only the energy consumption, but also the operative costs, having an application capable of supporting decisions on this subject may lead to taking important steps and significant savings.

Thus, the goal of this dissertation is to specify, design and develop a decision support system, having energy management and consumption as subject, targeting buildings in the services area, such as universities, office towers, shopping centers or hospitals. This project was also motivated by a necessity stated by Sonae Group, which enabled a test for this application.

The whole design of this application is based on a paradigm of decision support systems that consists of using concepts of Business Intelligence, not focusing on the amount of data displayed, but in its importance to the user, by providing a simple *interface* using a set of tools capable of leading to decision-making.

The methodology is divided into two major segments. In the first phase, a survey of the main applications existing in this market was made, as well as a study about the technologies used by them. In the second phase, the system engineering approach was used, beginning with a set of necessities, on to a conceptual design phase and finally the implementation of the solution.

The main tools used were the framework .NET C # on Microsoft Visual Studio 2012 and Microsoft SQL Server 2012.

Agradecimentos

Uma dissertação, para além do exercício de dimensão intelectual e científico, é também resultado de um esforço na dimensão pessoal do autor durante um período relativamente grande de tempo. Como tal, gostaria de agradecer aos vários intervenientes que tornaram este projeto possível pelo apoio nas dimensões que definiram esta jornada.

Agradeço primeiramente ao Prof. Doutor José Faria pela orientação, disponibilidade, confiança em mim depositada ao longo desta dissertação.

O meu agradecimento aos engenheiros Hélder Lourenço Marques e João Silva pela paciência e pela ajuda na resolução de alguns problemas que surgiram.

Agradeço aos meus amigos, em particular ao João Silva, pelo companheirismo e amizade que caracterizaram estes dezassete anos de percurso académico conjunto.

Agradeço à minha família, em particular à minha mãe e irmão pelo apoio e motivação que sempre me deram, em particular no decorrer desta dissertação.

Agradeço à Helena, pela motivação, paciência e apoio demonstrado, únicos e essenciais com que desde o início me presenteou.

Por fim, o meu grande obrigado ao meu pai pelo exemplo que foi e sempre será; a ele dedico esta dissertação.

Índice

Resumo	iii
Abstract.....	v
Agradecimentos.....	vii
Índice	ix
Lista de figuras.....	xi
Lista de tabelas	xiii
Abreviaturas e Símbolos	xiv
Capítulo 1	15
Introdução.....	15
1.1- Enquadramento e Motivação.....	15
1.2- Objetivos	17
1.3- Metodologia	18
Capítulo 2	20
Análise de Soluções e Tecnologias	20
2.1- Aplicações de Gestão de Energia.....	20
2.2- Identificação Preliminar de Funcionalidades	23
2.3- Business Intelligence e OLAP.....	23
2.4- Stored Procedures	26
Capítulo 3	29
Análise de Requisitos.....	29
3.1- Classificação das Funcionalidades	29
3.2- Análise Detalhada de Requisitos	30
3.3- Arquitetura da Aplicação	34
3.4- Casos de Uso: Pacotes	35
3.5- Casos de Uso: Detalhe	37
3.6- Tecnologias a Utilizar	43
Capítulo 4	49
Conceção da Aplicação	49
4.1- Base de Dados	49
4.2- Stored Procedures	54

4.3- Lógica da Aplicação	58
4.4- Desenvolvimento das <i>Interfaces</i>	60
Capítulo 5	65
Conclusões	65
5.1- Análise e Avaliação do Projeto	65
5.2- Perspetivas Futuras.....	66
Anexo A.....	67
Análise de Aplicações de Gestão de Energia	67
Referências	71

Lista de figuras

Figura 1.1 - Âmbito da dissertação e enquadramento na plataforma de Gestão Técnica de Edifícios.	16
Figura 1.2 - Relação entre os submódulos e exemplo de funcionalidades da Gestão de Consumos.	17
Figura 1.3 - Grandes fases do Processo de Engenharia de Sistemas.	18
Figura 2.1 - Esquema de funcionalidades identificadas.	23
Figura 2.2 - Business Intelligence no contexto das aplicações (fonte: “ avanco.com ”).	24
Figura 2.3 - O cubo OLAP.	26
Figura 3.1 - <i>Benchmarking</i> e Desagregação.	31
Figura 3.2 - Mapeamento de estruturas e pontos de consumo.	32
Figura 3.3 - Mapeamento de centros de custo.	33
Figura 3.4 - Arquitetura de três camadas (fonte: “ stackoverflow.com ”).	34
Figura 3.5 - Casos de Usos de Análise e Consulta.	36
Figura 3.6 - Casos de Usos de Configuração.	37
Figura 3.7 - Diagrama de dependências do sistema a desenvolver.	38
Figura 3.8 - Esboço da <i>Interface Benchmarking</i> 1.	40
Figura 3.9 - Esboço da <i>Interface Benchmarking</i> 2.	41
Figura 3.10 - Esboço da <i>Interface</i> Eficiência Energética: Fator de Potência 1.	42
Figura 3.11 - Esboço da <i>Interface</i> Eficiência Energética: Fator de Potência 2.	43
Figura 3.12 - Tecnologias utilizadas por camada.	44
Figura 3.13 - <i>IntelliSense</i>	45
Figura 3.14 - Data Designer.	46
Figura 3.15 - Calendário da biblioteca <i>Telerik</i>	46

Figura 3.16 - Gráfico de barras da biblioteca <i>HighCharts</i>	47
Figura 4.1 - Modelo conceptual da base de dados.	50
Figura 4.2 - Modelo de dados final.	53
Figura 4.3 - Funcionamento dos SP na aplicação.	55
Figura 4.4 - Esquema do SP <i>GetCustoByNivelTarifacao</i>	56
Figura 4.5 - Execução do SP <i>GetConsumoByNivelTarifacao</i>	57
Figura 4.6 - Lógica da Página <i>Benchmarking</i> , passo 1, parte 1.	58
Figura 4.7 - Lógica da Página <i>Benchmarking</i> , passo 1, parte 2.	59
Figura 4-8 - Lógica da Página <i>Benchmarking</i> , passo 2.	60
Figura 4.9 - <i>Interface Benchmarking</i> 1.	61
Figura 4.10 - <i>Interface Benchmarking</i> 2.	62
Figura 4.11 - <i>Interface</i> Eficiência Energética: Impacto de Bateria de Condensadores 1.	63
Figura 4-12 - <i>Interface</i> Eficiência Energética: Impacto de Bateria de Condensadores 2.	63
Figura 4.13 - <i>Interface</i> Eficiência Energética: Impacto de Bateria de Condensadores 3.	64

Lista de tabelas

Tabela 2.1 – Comparação das diversas aplicações	22
Tabela 3.1 – Classificação de requisitos.	30
Tabela 3.2 – Caso de Uso Efetuar <i>Benchmarking</i>	39
Tabela 3.3 – Caso de Uso Simular Impacto de Bateria de Condensadores	39

Abreviaturas e Símbolos

Lista de abreviaturas

BI	<i>Business Intelligence</i>
GTE	Gestão Técnica de Edifícios
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
OLAP	<i>Online analytical processing</i>
SP	<i>Stored Procedures</i>

Capítulo 1

Introdução

Este documento apresenta o projeto desenvolvido no âmbito da unidade curricular Dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e Computadores, cujo principal objetivo consiste em desenvolver uma plataforma web para gestão de energia e consumos energéticos.

Neste primeiro capítulo será explicado o contexto em que decorreu o projeto, a sua motivação, os objetivos e a metodologia adotada para os atingir.

1.1- Enquadramento e Motivação

Do ponto de vista de uma organização, os custos relacionados com o consumo de energia assumem uma componente muito importante da despesa. Porque estes representam um custo que não é possível eliminar, é crucial para qualquer organização dispor de uma ferramenta capaz de analisar os consumos praticados, com vista a auxiliar na redução da despesa associada.

O mercado dos sistemas de gestão de energia evolui a um ritmo acelerado, no entanto, a grande maioria das aplicações desenvolvidas nesta área está vocacionada para o ambiente industrial, não existindo, portanto, aplicações vocacionadas para a gestão de edifícios e instalações técnicas como, por exemplo, hospitais, universidades, escritórios ou áreas comerciais.

A maioria das aplicações existentes assenta em soluções muito estruturadas que necessitam de um elevado conjunto de dados para funcionar. Este princípio pode muitas vezes levar ao caso em que a aplicação deixa de ser uma ferramenta para ajudar na resolução para se tornar num outro problema.

O projeto desenvolvido nesta dissertação constitui assim um dos módulos de Gestão de Energia que integra uma aplicação de Gestão Técnica de Edifícios, atualmente a ser desenvolvida por uma equipa de I&D.

O módulo de Gestão de Energia é constituído por dois submódulos. O submódulo de Gestão de Consumos que será o foco principal desta dissertação e o submódulo de Gestão de Tarifários. Estes dois submódulos encontram-se muito interligados e partilham vários recursos (como por exemplo a base de dados, como será explicado mais à frente), pelo que é importante manter a visão de conjunto, quer em termos de conceito da aplicação como de tecnologias a utilizar, para que, ao longo do desenvolvimento, a integração destes submódulos seja simples.

A figura seguinte apresente os módulos principais da aplicação de Gestão Técnica de Edifícios, entre os quais se encontram os submódulos dedicados à Gestão de Energia.

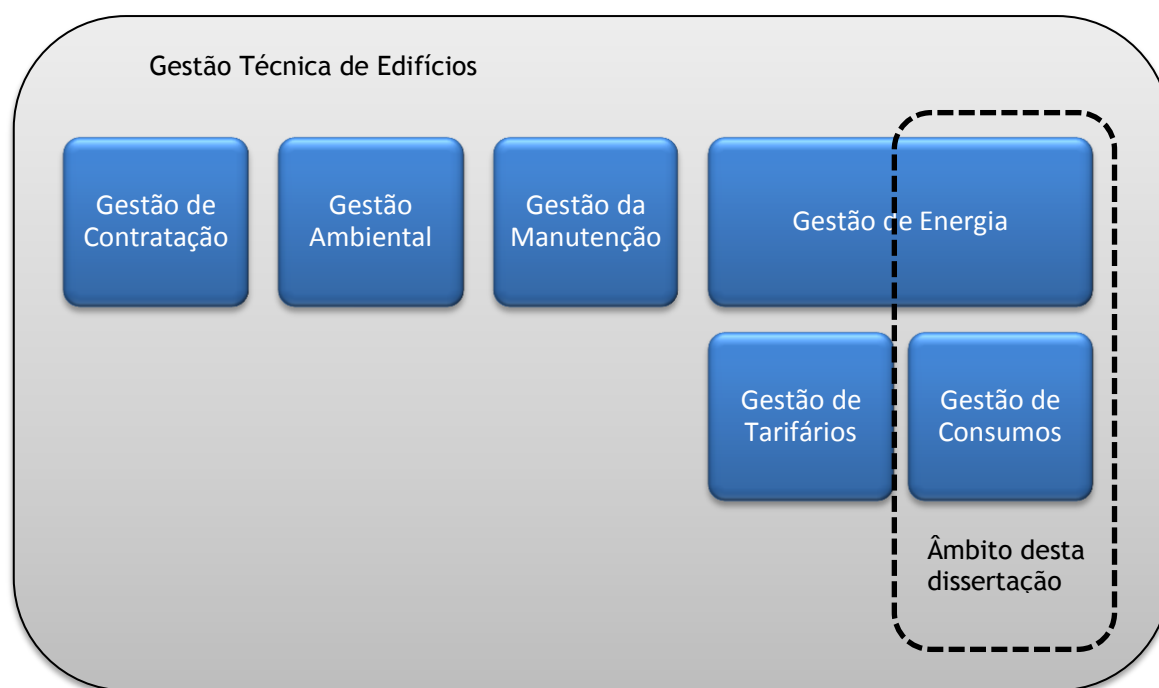


Figura 1.1 - Âmbito da dissertação e enquadramento na plataforma de Gestão Técnica de Edifícios.

Este projeto irá incidir sobre a região indicada na Figura 1-1.

A proposta de trabalho surge de uma necessidade da inclusão de um módulo de Gestão de Energia na plataforma de Gestão Técnica de Edifícios, assim como do interesse por parte do grupo Sonae em adquirir uma ferramenta capaz de ajudar na tomada de decisões no âmbito da gestão energética.

Por outro lado, as ofertas existentes no mercado (como será explicitado no capítulo 2) não apresentam soluções articuladas com outras áreas relacionadas com a Gestão Técnica de Edifícios, pelo que incluir o módulo de Gestão de Energia e mais particularmente de Gestão

de Consumos será sem dúvida uma mais-valia, cobrindo assim uma área muito importante para qualquer organização.

1.2- Objetivos

Tendo em conta os pontos anteriores, é assim possível enumerar um conjunto de objetivos para esta dissertação.

A aplicação a desenvolver deverá ser capaz de tratar dados de consumos e tarifas energéticas, resultando deste tratamento dados interpretados relevantes do ponto de vista de um gestor de energia. O desenho da mesma terá de considerar a sua aplicabilidade em edifícios ligados aos serviços ou instalações técnicas, como centros comerciais, hotéis ou até hospitais. A aplicação deverá ser desenhada segundo um compromisso entre os sistemas estruturados e os sistemas flexíveis, exigindo assim um menor conjunto de dados, ainda que fornecendo informação tratada relevante ao seu utilizador.

Tendo em conta que esta aplicação deverá ser parte constituinte, em primeiro lugar de um módulo de Gestão de Energia e, mais globalmente, de uma plataforma para a Gestão Técnica de Edifícios, é de suma importância que o seu desenvolvimento tenha em conta as tecnologias e *interfaces* entre si por forma a tornar todo o sistema o mais coeso possível, ainda que mantendo a modularidade.

De uma forma geral, o sistema de Gestão de Energia deverá estar preparado para suportar os seguintes âmbitos:



Figura 1.2 - Relação entre os submódulos e exemplo de funcionalidades da Gestão de Consumos.

1.3- Metodologia

Do ponto de vista global, a abordagem utilizada para este problema foi baseada no Processo de Engenharia de Sistemas, no que toca às grandes fases do seu desenvolvimento.

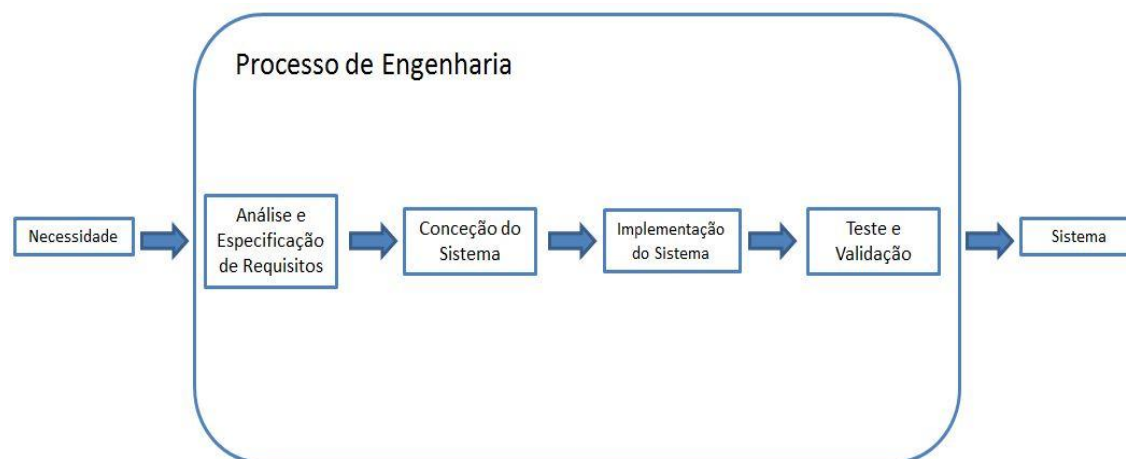


Figura 1.3 - Grandes fases do Processo de Engenharia de Sistemas.

Esta metodologia permite abordar um qualquer problema de engenharia, tendo em conta as várias etapas do ciclo de vida de um sistema. Tem como objetivo transformar necessidades e requisitos num conjunto de produtos, sendo que cada fase produz uma entrada para a fase seguinte [1].

Numa primeira fase é feita a análise da necessidade e especificação dos requisitos do sistema, sendo fulcral a abstração em relação a possíveis soluções, focando apenas nas funcionalidades requeridas.

Seguidamente é necessário desenhar o sistema, encontrando respostas tecnológicas para as necessidades encontradas. À fase de implementação do sistema segue-se a de teste e validação, em que o sistema será aperfeiçoado até estar de acordo com o pretendido.

Servindo o processo de engenharia como base, a metodologia adotada é definida pelos seguintes pontos:

- Levantamento do estado da arte relativamente a aplicações de gestão de energia:

Nesta primeira fase, foi feita uma revisão das tecnologias existentes na área da gestão de energia, procurando perceber quais as características mais importantes para os utilizadores, assim como quais as tecnologias mais utilizadas.

- Análise e especificação dos requisitos para a aplicação de Gestão de Consumos:

Tendo em conta as funcionalidades identificadas, foi elaborado um documento de especificação de requisitos que servirá como orientação para o projeto.

- Estudo e Aprendizagem das tecnologias a utilizar:

Conhecendo o trabalho proposto é necessário escolher e aprender a utilizar as tecnologias que darão resposta às necessidades do projeto. No caso foi feita uma formação sobre a plataforma Microsoft .NET que utiliza a linguagem C#, assim como conhecimentos de SQL.

- Implementação de um protótipo da aplicação de Gestão de Consumos, em coordenação com a Gestão de Tarifários, e consequente integração na plataforma de Gestão de Energia:

Esta fase constitui o início da implementação da aplicação, procurando satisfazer os requisitos especificados com as tecnologias escolhidas anteriormente, sendo importante referir também o esforço de integração e articulação com as aplicações de níveis superiores (primeiramente ao nível da Gestão de Energia e seguidamente ao nível da Gestão Técnica de Edifícios).

- Teste do protótipo:

Teste e validação da funcionalidade do trabalho desenvolvido, tendo como primeira instalação de referência dois estabelecimentos comerciais pertencentes ao Grupo Sonae.

Capítulo 2

Análise de Soluções e Tecnologias

Neste capítulo será feita a análise de várias soluções de gestão de energia, com foco nas funcionalidades relativas à análise de consumos, por forma a identificar funcionalidades importantes a incluir na aplicação e outras áreas de interesse a explorar. No Anexo A poderá ser encontrada uma análise mais completa das funcionalidades.

Seguidamente será apresentada a pesquisa feita sobre BI (*Business Intelligence*), OLAP (*On-Line Analytical Processing*) e SP (*Stored Procedures*), ferramentas úteis identificadas para o desenvolvimento da *interface* gráfica e base de dados.

2.1- Aplicações de Gestão de Energia

Numa primeira abordagem, foi feita uma pesquisa que incidiu sobre aplicações comerciais voltadas para edifícios de serviços com o intuito de analisar as funcionalidades referidas nos objetivos e também de obter ideias para novas funcionalidades.

Neste ponto, iremos encontrar a análise feita às aplicações e por fim a lista de funcionalidades final. Em anexo poderão ser encontradas a lista completa de características identificadas em cada uma das aplicações.

2.1.1 -Serious Energy Manager

A Serious Energy Manager é uma plataforma *web-based* que disponibiliza serviços de monitorização e controlo, desenvolvida pela empresa americana Serious Energy. É uma aplicação altamente configurável que apresenta várias funcionalidades interessantes a nível de interface, como por exemplo a análise espectral dos consumos.

2.1.2 -EnergyCAP

A empresa EnergyCAP é a criadora de 3 aplicações diferentes que têm também 3 públicos alvo diferentes:

- **EnergyCAP Enterprise** apontada para empresas de grandes dimensões, com a capacidade de processamento de centenas de milhares de contas por mês.
- **EnergyCAP Express** vocacionada para organizações de pequena e média dimensão, de fácil utilização e flexibilidade.
- **EnergyCAP Greenquest** que visa instalações simples de edifícios únicos (residências) que permite manter a informação organizada, alojada num *website* livre de custos.

A versão analisada em pormenor foi a EnergyCAP Enterprise visto que as restantes resumem-se a versões simplificadas. Esta ferramenta tem dois modos de acesso: através de um computador com a aplicação instalada ou através de um dispositivo com ligação à internet e tem como principal característica a capacidade de tratar um enorme volume de contas.

É de salientar que esta aplicação incorpora, para além das funcionalidades relacionadas com a energia, ferramentas relacionadas com outros consumos de consumíveis, como sejam o papel ou água ou até resíduos. Apresenta também a possibilidade de normalização dos dados recolhidos, por exemplo face à temperatura, capacidade que melhora a análise dos mesmos.

2.1.3 -Pulse Energy Manager

A Pulse Energy fornece aplicações quer a utilizadores individuais, quer a empresas. A Pulse Energy Manager não apresenta nenhuma funcionalidade de controlo e tem como objetivo uma análise mais simples dos consumos energéticos dos edifícios, sendo estes o seu elemento mais básico (ao contrário da abordagem mais comum que vai até a equipamentos individuais).

No entanto, apresenta um aspeto muito interessante que se prende com a sensibilização dos utilizadores dos edifícios. De facto, esta aplicação utiliza gráficos e comparações com o fim de divulgar os resultados obtidos através das ações de poupança para assim incutir boas práticas de racionalização energética.

2.1.4 -EnergyLens - Energy Management Software

Esta aplicação foi desenvolvida pela BizEE Software Ltd, uma companhia de software baseada no Reino Unido e é de todas as estudadas a mais simples. Trata-se de um simples

add-on instalável no Microsoft Office Excel pelo que não necessita de um grande esforço de treino ou de adaptação por parte dos seus utilizadores.

O lema desta aplicação é que os fatores importantes (que valem o investimento de tempo e dinheiro para a sua resolução) numa análise de consumos são os que são mais facilmente identificáveis. Como tal, esta aplicação disponibiliza uma biblioteca de gráficos não configuráveis, com base em dados introduzidos pelo utilizador em folhas de cálculo do Microsoft Office Excel.

2.1.5 - Comparação Entre Aplicações

Para melhor avaliar as potencialidades de cada aplicação analisada, foi feita uma lista de funcionalidades genéricas encontradas nas mesmas e elaborada uma tabela em relacionando cada aplicação com essas mesmas funcionalidades. A aplicação Energy Lens foi deixada de lado, visto contemplar apenas funcionalidades básicas de construção de gráficos, comuns a todas as aplicações.

Tabela 2.1 – Comparação das diversas aplicações

Funcionalidade	Pulse	Serious Energy	EnergyCAP
<i>Benchmarking</i> externo	x	x	x
Geração automática de relatórios	x	x	x
Gráficos configuráveis	x	x	x
Previsão de custos	x	x	x
Afetação de Custos			x
Alertas configuráveis		x	x
<i>Benchmarking</i> interno		x	x
Correção de falhas nas leituras		x	x
Exportação para outros formatos		x	x
Integração em dispositivos			x
Limitar consumos		x	x
Normalização estatística		x	x
Organização Árvore			x
Outros consumos			x
Simulação tarifários			x
Verificação de contas		x	x

Facilmente se identifica a EnergyCAP como a aplicação mais completa, possuindo funcionalidades muito interessantes.

Em resumo, esta pesquisa inicial contribuiu para alargar horizontes no domínio das aplicações de gestão de energia, chamando a atenção para funcionalidades como a correção de falhas de leitura, o acesso por vários tipos de utilizadores a integração em dispositivos móveis e várias outras capacidades relacionadas com a *interface* gráfica.

Contribuiu também para a identificação de novas funcionalidades e áreas, sendo que muitas foram incluídas nas grandes funcionalidades a desenvolver, incluídas no Capítulo 3.

2.2- Identificação Preliminar de Funcionalidades

Após a análise anterior, foi possível elaborar uma primeira árvore de funcionalidades da aplicação, as quais serão alvo de uma análise mais aprofundada mais à frente. Estas funcionalidades foram adicionadas ao esquema de funcionalidades exibido anteriormente, apresentando com a seguinte constituição:

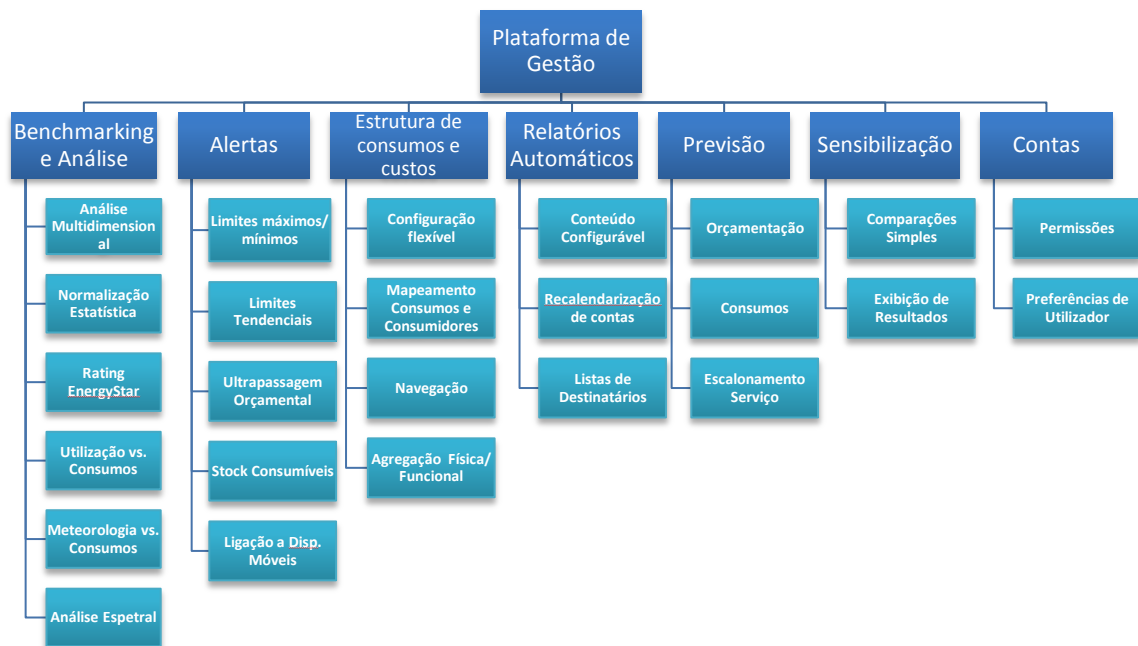


Figura 2.1 - Esquema de funcionalidades identificadas.

2.3- Business Intelligence e OLAP

A aplicação de Gestão de Energia envolve grandes volumes de dados e geração de indicadores, áreas muito ligadas aos conceitos de BI e OLAP. Como tal, foi feita uma pequena pesquisa com o intuito de retirar ideias e conceitos para o desenvolvimento do projeto.

Um aspeto crítico no desenho da aplicação será a *interface* com o utilizador.

O objetivo primordial desta plataforma será o de fornecer informação ao utilizador, principalmente sob a forma gráfica e interativa, sobretudo com o fim de suportar o utilizador na tomada de decisões.

Neste âmbito, foi identificado um conjunto de técnicas para identificar, extrair, analisar e apresentar eficientemente dados relacionados com negócios que dá pelo nome de *Business Intelligence* (BI). Muitas vezes este tipo de tecnologias é também acompanhado por sistemas de *Competitive Intelligence* que reúnem informação de empresas concorrentes [2].

Das características das aplicações BI, as mais interessantes para esta aplicação são:

- *Benchmarking* e medidas de performance informando quanto ao progresso face a objetivos de negócio;
- Análise com vista a alcançar decisões ótimas (envolve conceitos como *data mining*, *process mining*, *statistical analysis*);
- Capacidade de criar uma estrutura de relatórios para fins de gestão estratégica do negócio (OLAP, *data visualization*), utilizando grande volume de dados.

Este último ponto é bastante importante visto que estes dois tipos de ferramentas (OLAP e BI) estão muitas vezes juntos em aplicações deste género e em conjunto conseguem obter resultados muito bons.

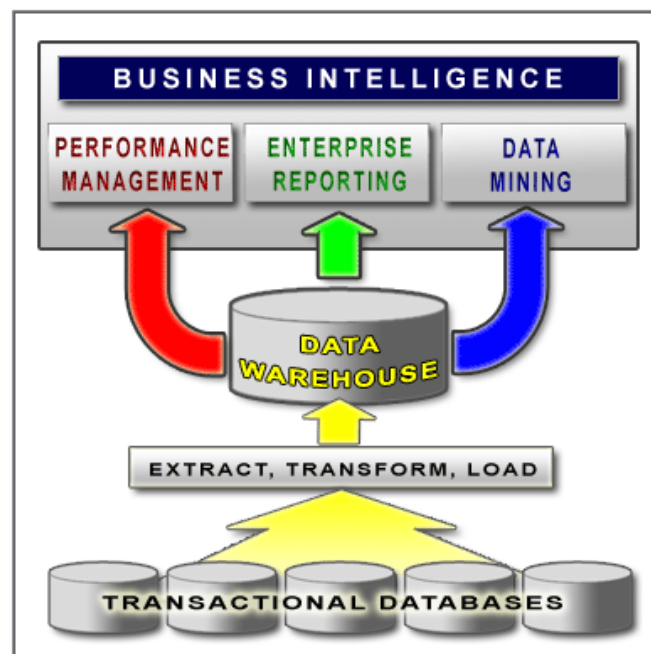


Figura 2.2 - Business Intelligence no contexto das aplicações (fonte: “avanco.com”).

Para uma melhor compreensão da capacidade deste tipo de ferramenta, deve ser introduzido o conceito de *data mining*. *Data mining* consiste no processo de descobrir padrões

em grandes quantidades de dados, usando métodos que envolvem várias disciplinas desde inteligência artificial até estatística. Para além da identificação de padrões, este tipo de tecnologia tem também deteção de anomalias e de dependências entre fatores.

É crucial referir ainda que para uma aplicação eficaz de *Business Intelligence*, é necessário um grande volume de dados e que estes sejam de qualidade.

Em resumo, as tecnologias associadas a *Business Intelligence* poderão trazer grandes benefícios pois o problema em causa irá dar origem a um grande volume de dados, cenário propício a uma para a sua utilização. A identificação de anomalias e tendências é também um dos objetivos da aplicação, justificando mais uma vez o recurso à *Business Intelligence*.

Outro requisito chave para a utilização de uma aplicação de análise de dados, como a desenvolvida nesta tese, por parte de uma grande organização é a velocidade de resposta. Como é sabido, o volume de dados e amostras armazenados, no contexto de consumos energéticos será de grande dimensão e como tal, é necessário uma metodologia capaz de processar toda esta informação de forma rápida, possibilitando ainda assim responder às perguntas mais complexas.

Deste modo, um aspeto crucial para a aplicação será o desenho de uma base de dados eficiente e eficaz para o volume de dados e o tipo de perguntas que serão feitas. Nesse sentido, foi identificada uma tecnologia de modelação e pesquisa em bases de dados com estas características.

A tecnologia de *On-line Analytical Processing* (OLAP) tem sido alvo de um grande desenvolvimento e pesquisa. Este tipo de análise tem como alvo conseguir obter informação contida em bases de dados que de outra forma passaria despercebida, respondendo a perguntas multidimensionais analíticas (MDA) [3].

Estas bases de dados são normalmente utilizadas em relatórios de negócios, vendas, marketing, relatórios de manutenção, previsões e orçamentação.

O elemento fundamental nesta ferramenta é o conceito de cubo. Este cubo é constituído por medidas numéricas, constituindo estas dimensões. Tipicamente, as medidas mais comuns consultadas pelo utilizador são mínimos, máximos, contagens, somas ou médias. Sendo assim necessário ter uma capacidade de fácil agregação de valores de uma mesma dimensão.

Estas dimensões constituem pontos de observação de dados.

Por exemplo, na Figura 2.3 é visível um cubo aplicado a este projeto que tem como dimensões o tempo, energia consumida e edifício. Uma visão importante a analisar seria saber como evoluiu o consumo energético ao longo do tempo, para um dado piso. Neste caso,

estariamos a olhar para o cubo fixando a dimensão espacial (pisos), observando a relação entre as outras duas dimensões.

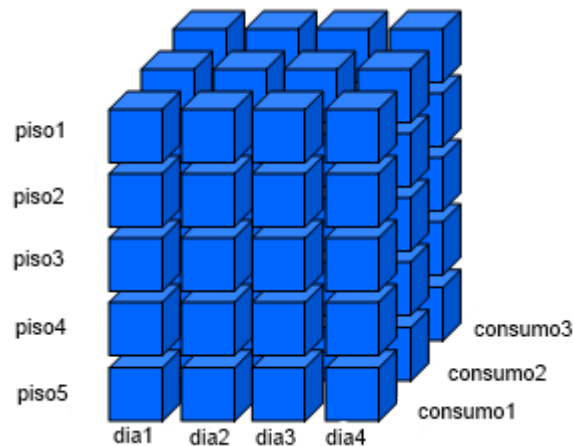


Figura 2.3 - O cubo OLAP.

As operações mais comuns efetuadas através da análise do Cubo são:

- **Slice:** uma fatia (*slice*) consiste num subconjunto correspondente a um valor de um ou vários membros pertencentes a dimensões fora deste subconjunto. A análise é feita fixando uma dimensão.
- **Dice:** esta operação é igual à anterior, no entanto, fixa-se mais do que uma dimensão.
- **Drill Down/Up:** Nesta operação, o utilizador vai navegar ao longo de uma dimensão, analisando os valores das restantes.
- **Roll-up:** Através da definição de uma fórmula envolvendo as dimensões em análise, é feita uma análise interdimensional (por exemplo multiplicando duas dimensões).
- **Pivô:** como o próprio nome indica, é feita a pivotação do cubo, dispondo as dimensões segundo orientações diferentes. Desta forma, é possível ter outro ponto de vista, permitindo outra perspetiva.

Todas as funcionalidades inerentes a BI e OLAP poderão ter impacto na eficiência e eficácia do projeto, pelo que as noções e conceitos anteriormente referidos irão servir de orientação no desenho da aplicação.

2.4- Stored Procedures

Os *Stored Procedures* são uma ferramenta que permite guardar conjuntos de perguntas para que possam ser utilizadas várias vezes. Têm um funcionamento muito semelhante a

funções típicas (por exemplo de C#) que recebem parâmetros de entrada e retornam saídas e a linguagem utilizada é SQL.

Uma grande vantagem dos SP é a capacidade de serem chamados por diversos tipos de aplicações desde páginas ASP a *servlets* Java. Esta característica faz com que o mesmo SP possa ser utilizado, quase independentemente da linguagem ou *framework* escolhido, sendo portanto uma forma simples de guardar toda a lógica associada diretamente à base de dados constituinte da camada de dados.

As vantagens da utilização desta tecnologia são notórias no manuseamento de grandes conjuntos de dados pois tiram partido da lógica de operações de associação, típicas em SQL. Tendo em conta que os SP são pré-compilados do lado do SQL server, o tempo de resposta dos mesmos será muito mais curto, melhorando a eficiência das aplicações em que estão inseridos [4].

Capítulo 3

Análise de Requisitos

Este capítulo contém, numa primeira instância, a fase que engloba o levantamento e análise de requisitos da aplicação de Gestão de Energia, do ponto de vista da Gestão de Consumos e a especificação dos mesmos, mantendo uma visão de alto nível da aplicação. Na fase final do capítulo, encontra-se a especificação de algumas das funcionalidades desenvolvidas.

3.1- Classificação das Funcionalidades

Para melhor definir o projeto a desenvolver, a Figura 2.1 será tomada como ponto de partida. Todas as funcionalidades encontradas serão alvo de uma seleção segundo os critérios de exequibilidade e de relevância para a aplicação. Foi atribuída uma nota de 1 a 3 à exequibilidade e relevância de cada funcionalidade para a aplicação em questão. Os valores atribuídos a cada entrada foram multiplicados resultando na pontuação final.

Assim, as entradas com pontuação 9 e 6 serão consideradas funcionalidades “*Must Have*” do sistema. Entradas com 4 e 3 valores, são funcionalidades “*Nice to Have*”. Enquanto as classificadas com 3 ou menos pontos serão as menos importantes para o sistema.

Tabela 3.1 – Classificação de requisitos.

Área	Funcionalidade	Exequibilidade	Relevância	Pontuação
Alertas	Limites Máximos/Mínimos	3	3	9
	Limites Tendenciais	3	3	9
	Stock Consumíveis	3	3	9
Mapeamento	Configuração Flexível	3	3	9
	Consumos e Consumidores	3	3	9
	Navegação	3	3	9
Contas de Acesso	Agregação Física/Funcional	3	3	9
	Permissões	3	3	9
	Utilização vs Consumos	3	3	9
Benchmarking e Análise	Meteorologia vs Consumos	3	3	9
	Análise Multidimensional	3	3	9
	Orçamentação	3	3	9
Previsão	Escalonamento do Serviço	3	3	9
Alertas Previsão	Ultrapassagem Orçamental	2	3	6
	Consumos	2	3	6
	Manipulação de Cargas	2	3	6
Benchmarking e Análise	Análise Espetral	2	2	4
Relatórios Automáticos	Listas de Destinatários	2	2	4
Sensibilização	Comparações Simples	2	2	4
	Exibição de Resultados	2	2	4
Contas de Acesso	Preferências de Utilizador	2	2	4
Benchmarking e Análise	Normalização Estatística	1	3	3
Alertas	Ligação a Disp Móveis	1	2	2
Relatórios Automáticos	Conteúdo Configurável	1	2	2
	Recalendarização de Contas	1	2	2
Benchmarking e Análise	Rating EnergyStar	1	1	1

3.2- Análise Detalhada de Requisitos

Uma vez que esta aplicação será construída tendo em vista a sua inclusão plataforma global de gestão técnica de edifícios, é importante referir que a lista de requisitos é ainda preliminar, podendo ser sujeita a alterações durante a execução do projeto.

Como tal, serão agora descritos os requisitos “*Must Have*”, sendo que os “*Nice to Have*” poderão ser adicionados no decorrer do projeto.

Benchmarking e Análise

- **Análise Multidimensional:** o sistema deverá possibilitar a configuração de gráficos que suportem uma análise multidimensional (conceito de cubo), por forma a permitir um *benchmarking* temporal (fixando o tempo) ou espacial (fixando o espaço).

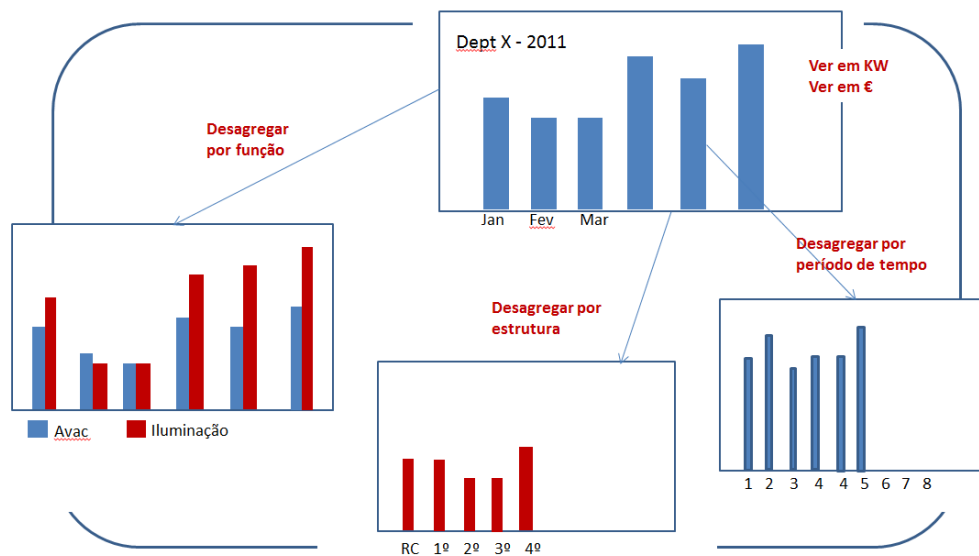


Figura 3.1 - Benchmarking e Desagregação.

- **Utilização vs. Consumos:** o sistema deve permitir definir a utilização dos vários níveis do portfólio para assim perceber como varia o consumo de energia em função dessa utilização

Alertas

- **Limites de consumos:** a aplicação deverá possibilitar a parametrização de limites (máximos, mínimos e tendenciais) e emitir alertas quando estes limites forem ultrapassados.
- **Stocks de Consumíveis:** a aplicação deverá alertar o utilizador para um nível baixo de *stock* de consumíveis, a definir pelo utilizador.
- **Ultrapassagem Orçamental:** a aplicação deverá emitir um alerta quando o custo estiver perto de um limite percentual (acima ou abaixo) do orçamento dado.

Estrutura de Consumos e Custos

- **Configuração Flexível:** é suposto ser possível a definição dos vários níveis do portfólio de edifícios, agregando e desagregando os seus elementos constituintes.
- **Consumos e Consumidores:** o sistema deverá permitir mapear os elementos do portfólio de edifícios (estrutura física) com as respetivas leituras feitas por contadores físicos.

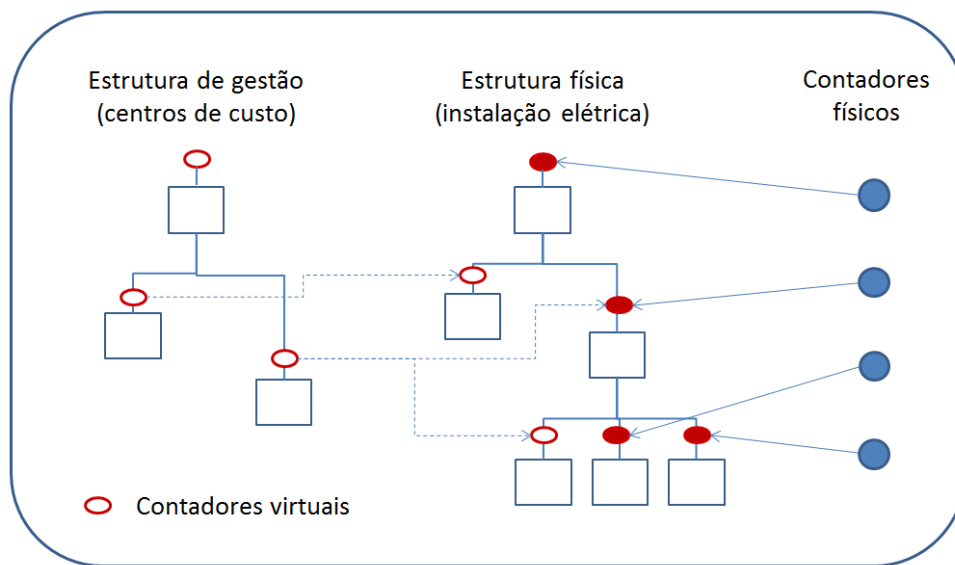


Figura 3.2 - Mapeamento de estruturas e pontos de consumo.

Assim, deverá ter a capacidade de definir Centros de Custo, podendo estar cada contador relacionado com vários elementos, tendo cada elemento uma percentagem do consumo total associado.

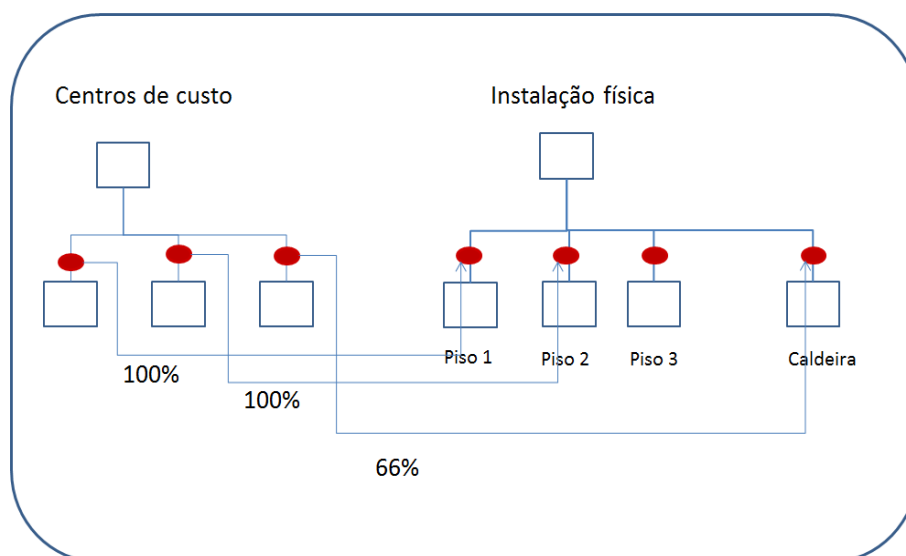


Figura 3.3 - Mapeamento de centros de custo.

- **Navegação:** O mapeamento efetuado deverá servir também como menu de navegação ao longo do portfólio.
- **Agregação Física/Funcional:** Para além de uma hierarquia física, deverá ser possível também organizar os elementos do portfólio pela sua funcionalidade (ex: laboratórios, escritórios, parque de estacionamento).

Previsão

- **Consumos:** Tendo em conta o histórico dos consumos e o escalonamento do serviço programado, o sistema deverá ter a capacidade de apresentar um diagrama de consumos com a previsão para determinado período de tempo.
- **Orçamentação:** com base no histórico de consumos e na informação sobre tarifários, o sistema deverá conseguir prever o custo para um determinado período de tempo.
- **Escalaonamento do Serviço:** para conseguir obter dados sobre a ocupação, o sistema deve permitir ao utilizador manter uma programação do serviço/atividade para cada nível do portfólio.
- **Manipulação de Cargas:** a plataforma deverá permitir manipular o diagrama de cargas apresentado ou inserido.

Gestão de Permissões

- **Permissões:** deverá ser possível definir diferentes tipos de permissão para os utilizadores da aplicação.

3.3- Arquitetura da Aplicação

Findo o levantamento de requisitos, é necessário perceber como dar resposta aos mesmos; as técnicas e arquiteturas a utilizar no desenvolver do projeto. É também fulcral entender por onde começar e quais serão os primeiros requisitos a completar.

Tendo em conta que o objetivo é desenvolver integralmente a aplicação, é importante definir um modelo por forma a poder dividir o problema em vários módulos.

No âmbito da engenharia de software a arquitetura multicamada (*n-tier architecture*) consiste numa arquitetura cliente-servidor na qual a apresentação, o processamento e lógica da apresentação e a gestão de dados são construídas separadamente [5]. A grande vantagem desta arquitetura é conferida por desenvolver os vários módulos separadamente, possibilitando uma grande flexibilidade e capacidade de reutilização.

O modelo mais comum neste tipo de aplicações é o de três camadas, contendo:

- Camada de dados;
- Camada de acesso a dados ou lógica;
- Camada de apresentação.

A seguinte figura pretende ilustrar uma interação comum entre as várias camadas de uma aplicação:

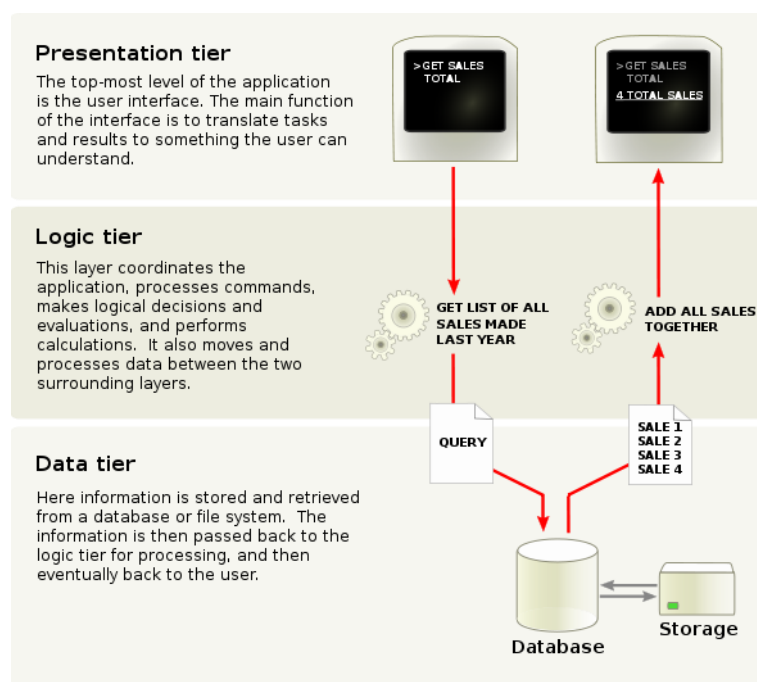


Figura 3-4 - Arquitetura de três camadas (fonte: "stackoverflow.com").

A camada de apresentação consiste na *interface* com o utilizador, na qual este tem uma ação (*get sales total*). Seguidamente, a camada de lógica da aplicação interpreta este comando, tomando as ações necessárias para lhe dar resposta, sendo assim enviada uma pergunta à base de dados da camada de dados, dando origem ao fluxo inverso. Os dados são enviados para a camada de lógica, sendo lá tratados e exibidos na camada de apresentação.

Esta arquitetura está muito presente no desenvolvimento web, estando a camada de apresentação associada aos elementos estáticos do servidor web, sendo estes apresentados num *browser*. A camada intermédia de lógica corresponde ao servidor de aplicação, por exemplo em ASP.NET ou PHP, enquanto a camada de dados estará alojada num sistema de gestão de base de dados.

3.4- Casos de Uso: Pacotes

Os diagramas de caso de uso fazem parte da família de Diagramas de Comportamento, que compõe a *Unified Modeling Language* (UML) [6]. UML é uma linguagem de modelação, sendo que se trata de uma ferramenta que permite uma interpretação gráfica de um sistema, pondo em evidência questões de semântica e relacionais, continuando com um nível de abstração muito alto. Em particular, o objetivo dos diagramas de caso de uso passa por descrever uma interação entre um utilizador e o sistema a desenvolver.

Neste caso, os casos de uso serão apresentados segundo duas perspetivas, uma que irá relacionar os casos de uso de alto nível e os respetivos utilizadores de uma forma gráfica, e uma segunda em que casos de uso de nível baixo serão alvo de uma análise, da qual resultará uma descrição mais detalhada de cada um.

Os modelos de casos de uso a seguir apresentados foram divididos em dois pacotes. O primeiro pacote diz respeito aos casos de uso de Análise e Consulta que têm como ator o Gestor de Energia. O segundo pacote tem como ator o Administrador e contém casos de uso relacionados com a Configuração das entidades do sistema. É importante referir que este diagrama é de muito alto nível, pelo que os casos de uso apresentados poderão ser desdobrados em vários mais básicos, no futuro. Exemplo disso é o caso de uso Estudos de Eficiência Energética que se estenderá, desde já, em dois casos de uso mais básicos: Impacto de Bateria de Condensadores e Automatização de Iluminação.

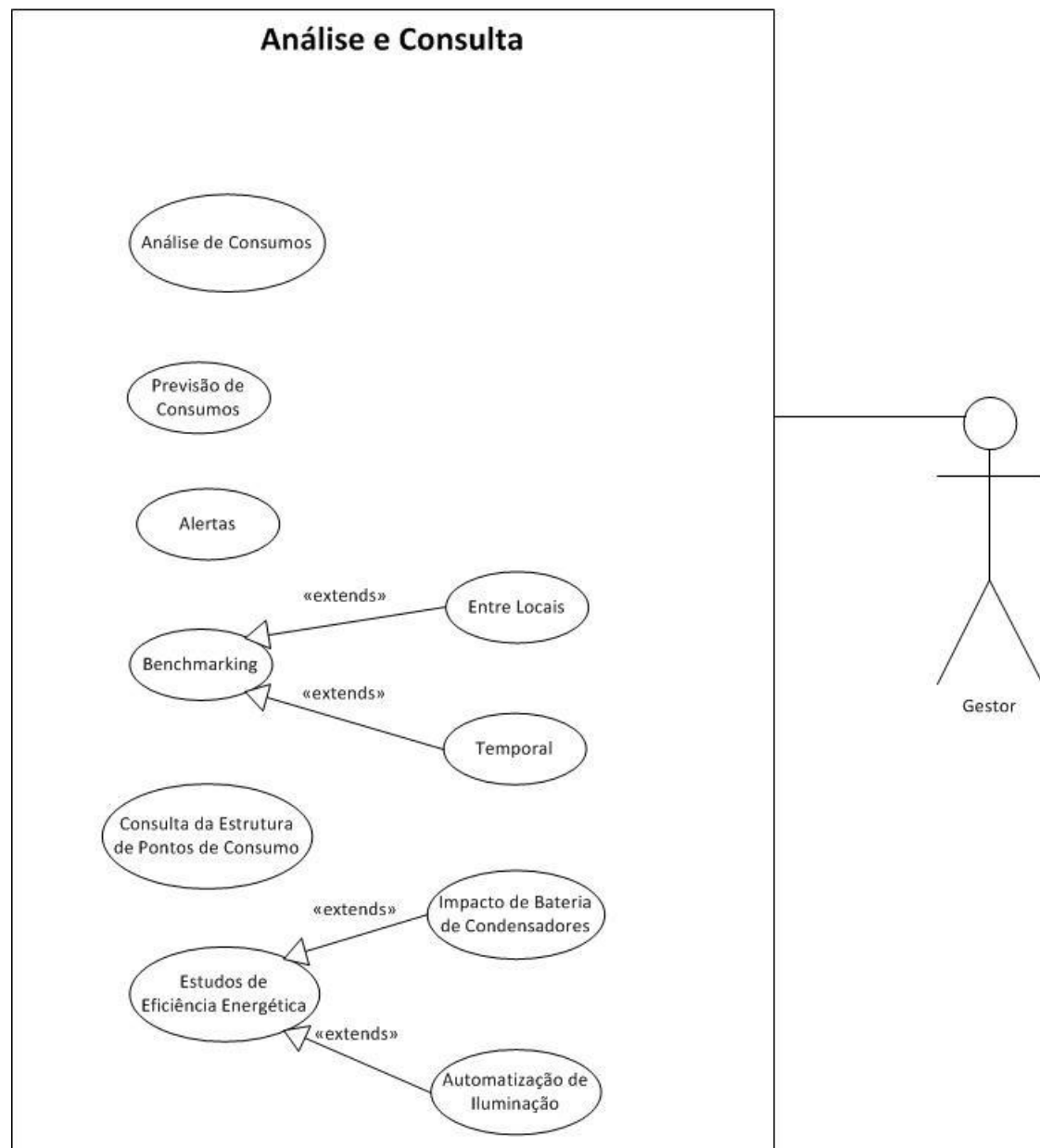


Figura 3.5 - Casos de Usos de Análise e Consulta.

Como é possível observar, estes casos de uso de alto nível cobrem as funcionalidades importantes do ponto de vista do Gestor de Energia, sendo que muitos destes poderão ser desdobrados em casos de uso mais específicos, como exemplificado anteriormente.

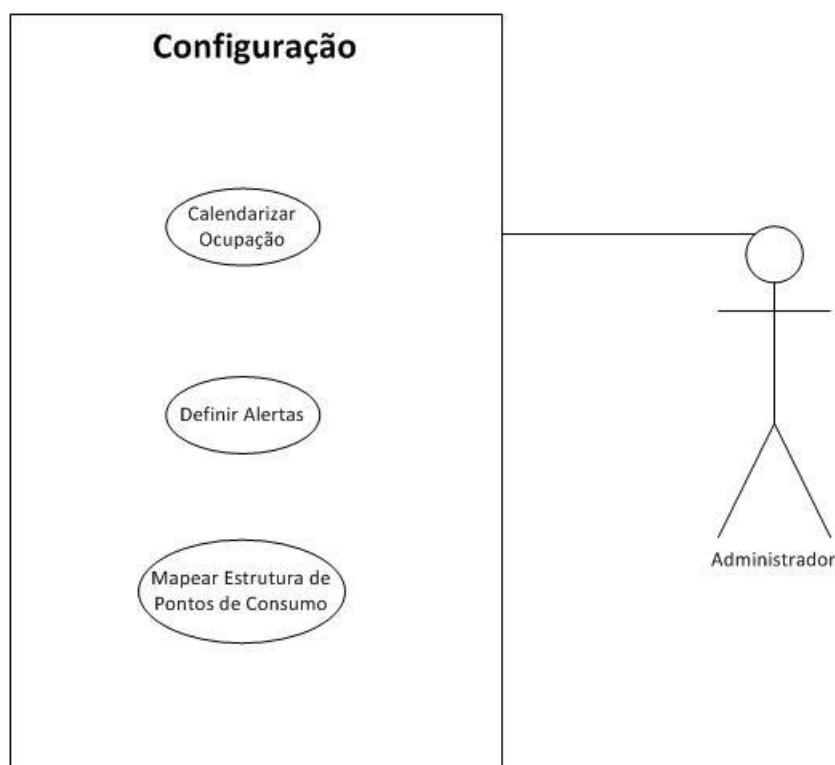


Figura 3.6 - Casos de Usos de Configuração.

3.5- Casos de Uso: Detalhe

Num projeto deste cariz, é muito importante que a base da solução esteja com a robustez necessária para suportar todas as funcionalidades que são requeridas. Como tal, o investimento nas camadas inferiores deverá ser maior no início do desenvolvimento, para assegurar o correto funcionamento de todos os elementos básicos e domínio das tecnologias a utilizar. Assim sendo, e tendo em conta as prioridades definidas no início deste capítulo e também os interesses e necessidades apontadas pelo grupo Sonae, foram escolhidas algumas das funcionalidades a desenvolver com maior urgência.

No esquema a seguir, encontram-se as funcionalidades desenvolvidas no âmbito da Gestão de Energia e também a sua relação entre as várias camadas. Os elementos com contorno a cor azul foram os desenvolvidos no decorrer desta dissertação.

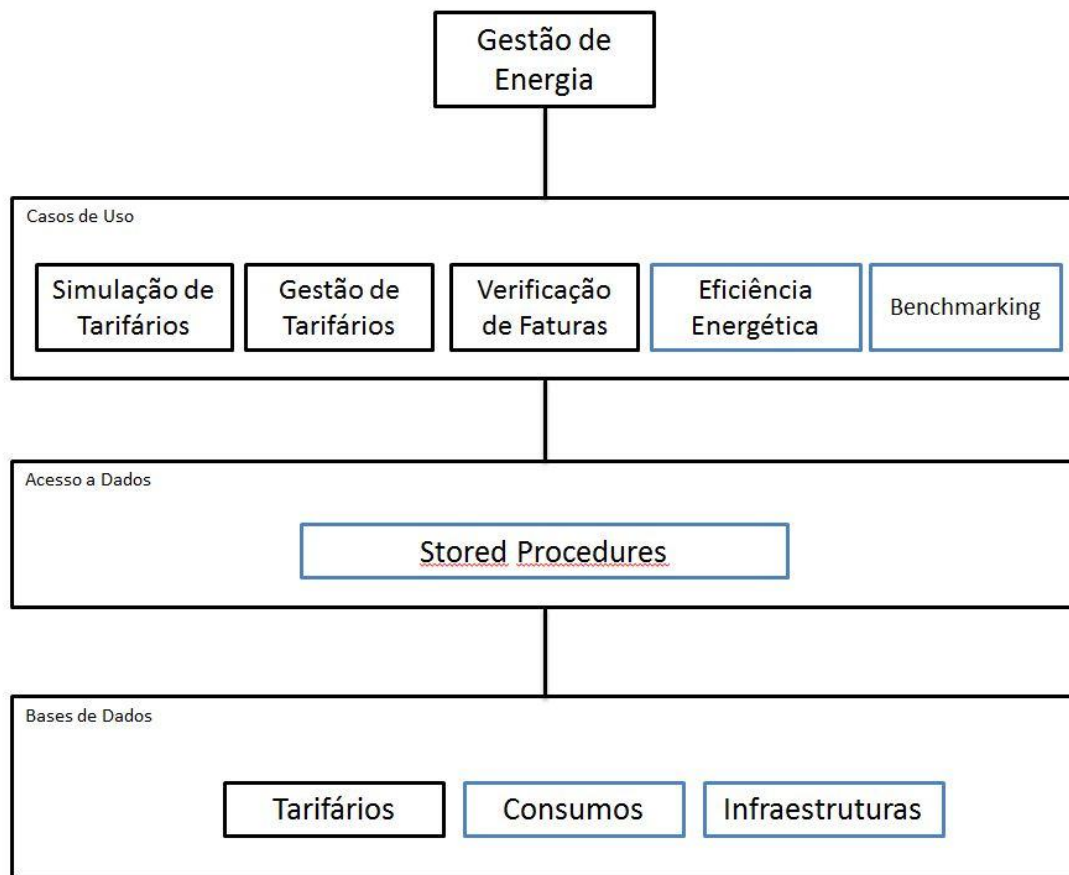


Figura 3.7 - Diagrama de dependências do sistema a desenvolver.

Este esquema pode ser visto como um diagrama de dependências, em que os elementos das camadas superiores dependem dos elementos das camadas subjacentes. Como é possível observar, está no âmbito desta dissertação o desenvolvimento das bases de dados de Consumos e de Infraestruturas (tendo estas vindo a ser condensadas numa única, denominada apenas Consumos) assim como os *Stored Procedures* presentes na camada de acesso a dados (ambas estas camadas serão explicadas com detalhe mais à frente). Na camada superior foram escolhidas como prioridade duas funcionalidades, que resultaram em dois pacotes de casos de uso: Eficiência Energética e *Benchmarking*. Os casos de uso de Simular Impacto de Bateria de Condensadores e Efetuar *Benchmarking*, que pertencem respetivamente aos pacotes anteriores, serão detalhados de seguida.

Tabela 3.2 – Caso de Uso Efetuar *Benchmarking*

Nome do caso de uso
Efetuar <i>Benchmarking</i>
Cenário Principal
Ao entrar nesta página, o utilizador deverá selecionar primeiramente o intervalo de tempo sobre o qual deseja efetuar a comparação. Seguidamente, deverão ser selecionados os dois pontos de consumo a comparar, assim como a variável. Para finalizar, o utilizador deverá submeter os parâmetros de entrada, disparando assim o evento da aplicação, sendo seguidamente apresentados os gráficos pertinentes para efetuar o <i>benchmarking</i> .
Atores
Gestor e Administrador

Tabela 3.3 – Caso de Uso Simular Impacto de Bateria de Condensadores

Nome do caso de uso
Simular Impacto de Bateria de Condensadores
Cenário Principal
Este caso de uso inicia-se com a seleção do período temporal e ponto de consumo alvos da simulação. Ao submeter estas entradas, o utilizador poderá visualizar os consumos reais relativos às entradas selecionadas, dando oportunidade de introduzir o valor da instalação de condensadores que pretende implementar. Ao validar esta última entradas, o utilizador terá a possibilidade de avaliar o impacto desta medida nos consumos e nos custos.
Atores
Gestor e Administrador

Partindo da descrição detalhada serão seguidamente apresentados e explicados os esboços de *interface* relativos aos casos de uso anteriormente detalhados. Estas *interfaces* foram esboçadas com recurso ao software Balsamiq Mockups.

3.6.1- Efetuar *Benchmarking*

Neste caso de uso, o utilizador tem a possibilidade de efetuar uma ação de *benchmarking* (comparação) do consumo entre dois pontos, para um determinado período de tempo.

Numa primeiro passo, o utilizador deverá selecionar o período de comparação, assim como os pontos de consumo em foco, a partir da árvore de pontos disponível. Seguidamente, o utilizador deverá submeter os dados.

The image shows a wireframe of a web application titled "Benchmarking". The interface is divided into two main sections. On the left is a large, empty rectangular box intended for displaying charts or graphs. On the right is a sidebar containing several elements: two date input fields labeled "Data de Inicio" and "Data de Fim", both with the value "01/05/2012" and a calendar icon; a collapsible tree view with two groups, "Grupo 1" and "Grupo 2", each containing sub-items like "Edifício 1", "Piso 1", "Piso 2", and "Edifício 2"; and a "Submeter" button at the bottom.

Figura 3.8 - Esboço da *Interface Benchmarking* 1.

Após esta submissão, a *interface* mostrará três gráficos. Um primeiro, principal, com a comparação direta dos dois pontos, seguido de dois gráficos que contêm dados de cada ponto individualmente. Os gráficos deverão apresentar o consumo discriminado por unidade de resolução temporal (dia/semana/mês), assim como o consumo acumulado.

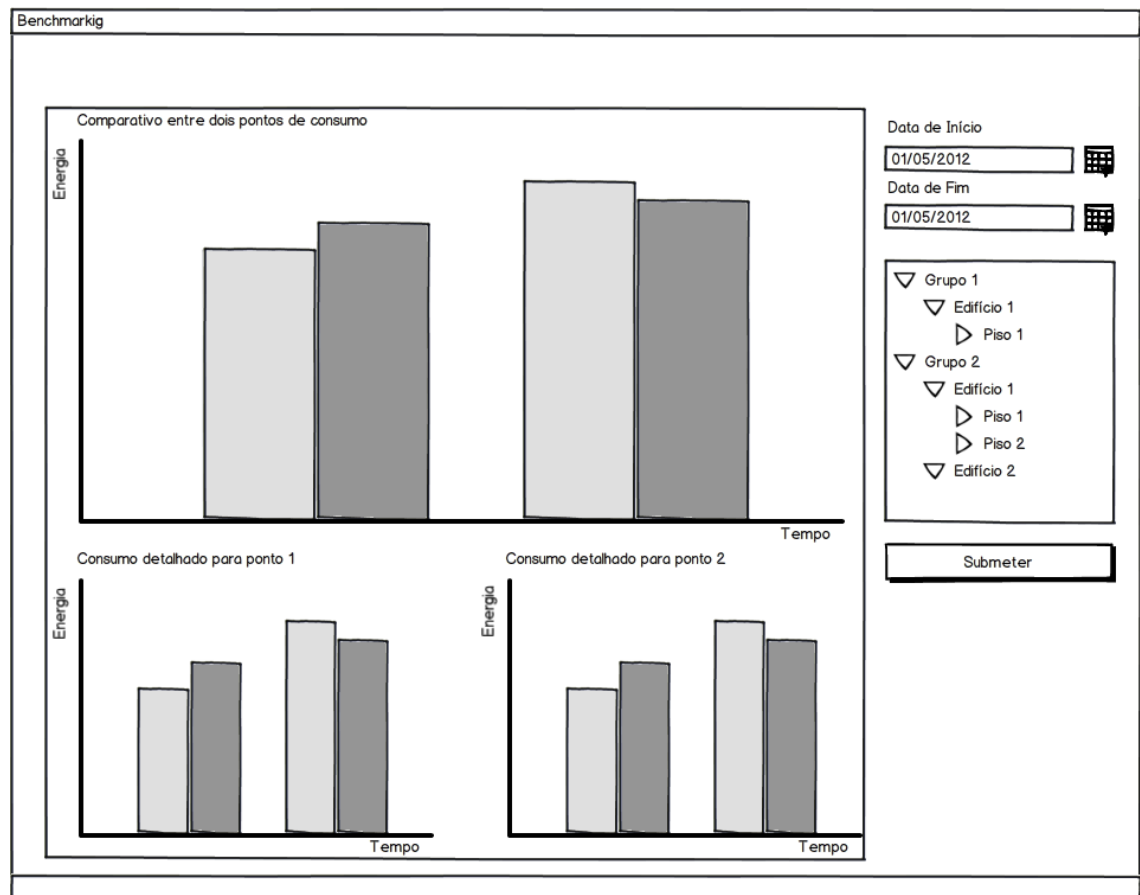


Figura 3.9 - Esboço da Interface Benchmarking 2.

Desta forma, o utilizador, vulgarmente um gestor de energia, terá acesso a informação muito valiosa gerada com um pequeno número de cliques, informação que não indica ao utilizador o que fazer, mas expõe a realidade de uma forma pertinente, para auxiliar a tomada de decisões. É esta uma das bases de BI.

3.6.2- Simular Impacto de Bateria de Condensadores

Este caso de uso apresenta três passos, tendo portanto também três *interfaces*, sendo que a primeira é em tudo igual à do caso de uso Efetuar *Benchmarking*. As entradas necessárias são exatamente as mesmas, no entanto, apenas é selecionado um ponto de consumo dos presentes na árvore.

Ao submeter os dados, a *interface* apresentará um gráfico com o consumo de energia reativa, com um código de cores associado, permitindo ao gestor obter informação sobre que tipo de potência reativa (indutiva ou capacitiva) está a ser consumida e em que quantidade. Em conjunto com este gráfico, surge um local para introduzir a potência do banco de

condensadores a instalar. Com este valor vai ser possível traçar um novo diagrama de consumos.

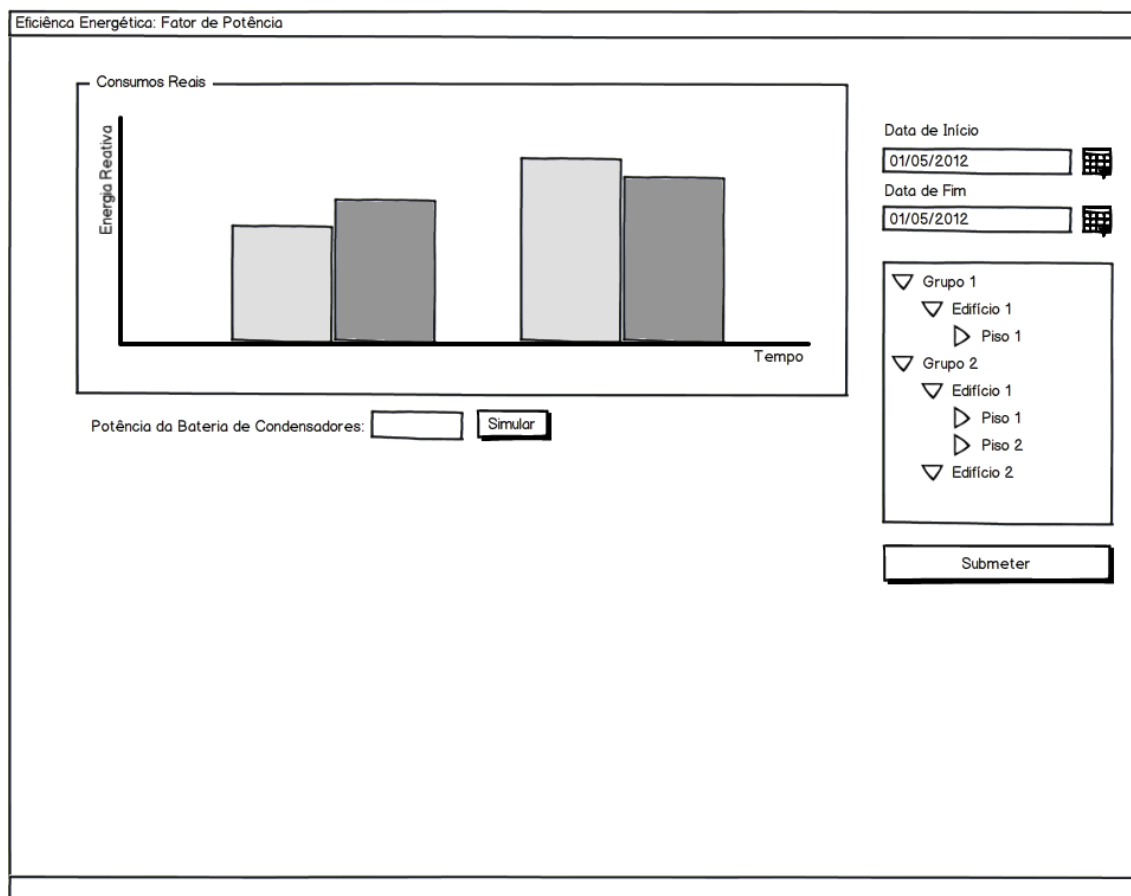


Figura 3.10 - Esboço da Interface Eficiência Energética: Fator de Potência 1.

Uma vez introduzido o valor da nova instalação de condensadores, surgirá o diagrama simulado em conjunto com uma pequena tabela em que é indicado o custo de cada um dos consumos, real e simulado, assim como a poupança da medida tomada, em termos de custo em euros.

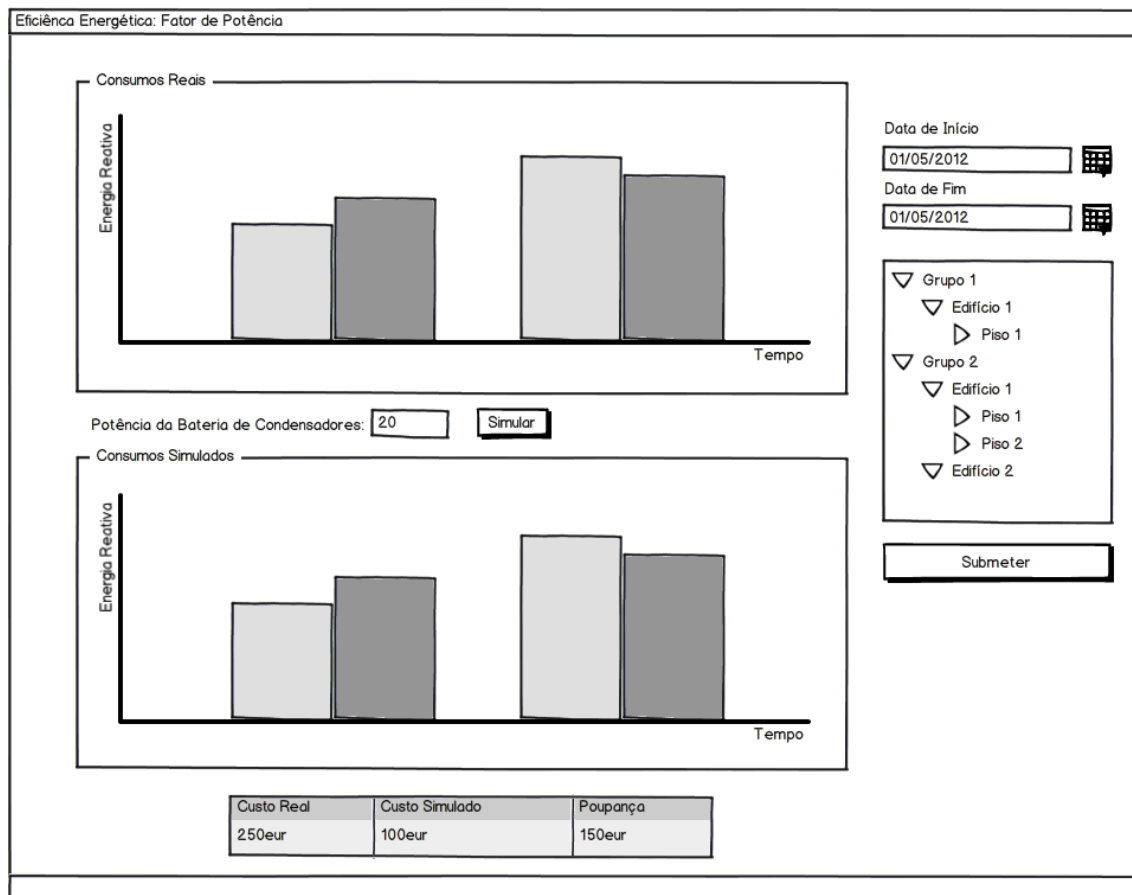


Figura 3.11 - Esboço da Interface Eficiência Energética: Fator de Potência 2.

De forma semelhante ao caso anteriormente apresentado, o sistema apresenta informação de formas simples, não tomando decisões pelo gestor, mas fornecendo informação interessante para o mesmo.

3.6- Tecnologias a Utilizar

Para o desenvolvimento deste projeto serão utilizadas diversas tecnologias para cada uma das camadas referidas em 3.3. Neste ponto pretende-se caracterizar cada uma destas tecnologias, identificando características e potencialidades de cada uma delas, assim como as mais-valias que representam para o projeto.

A integração na aplicação de GTE foi o grande decisor na escolha das tecnologias a utilizar visto que é fulcral a integração da Gestão de Energia na aplicação final. Ao serem utilizadas as mesmas tecnologias e princípios de desenvolvimento é reduzido o risco do produto final não ser coeso ou apresentar diferenças significativas.

A imagem a seguir pretende apresentar as tecnologias utilizadas, distribuindo-as pelas várias camadas referidas em 3.3. Para cada camada é especificado o software de desenvolvimento, as linguagens utilizadas e as tecnologias, ferramentas ou metodologias de desenvolvimento em que baseou o seu desenvolvimento.



Figura 3.12 - Tecnologias utilizadas por camada.

Tendo em conta que algumas das tecnologias apresentadas já foram apresentadas anteriormente, esta pequena apresentação das mesmas irá recair sobre os softwares de desenvolvimento e ainda as bibliotecas *Telerik* e *HighCharts*.

3.6.1- SQL Server Management Studio

O SQL Server Management Studio consiste num ambiente integrado para o acesso, configuração, gestão, administração e desenvolvimento de todos os componentes de SQL Server [7].

Esta ferramenta foi escolhida para a implementação da base de dados dos Consumos, assim como para o desenvolvimento dos SP. A grande vantagem da sua utilização na criação de bases de dados SQL consiste na capacidade de implementar graficamente as várias tabelas constituintes, sem necessidade de o fazer por código.

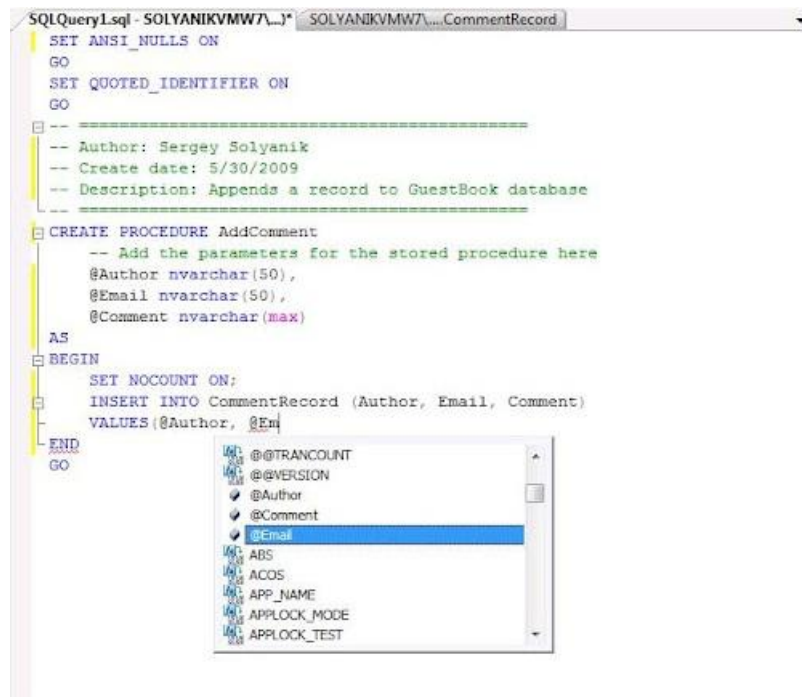


Figura 3.13 - IntelliSense.

No âmbito do desenvolvimento dos SP, a utilização desta ferramenta é fulcral pois tem, entre outras, a funcionalidade de auto complete, denominada *IntelliSense*, assim como a indicação dos argumentos das várias funções nativas SQL existentes. Sendo que os SP lidam diretamente com tabelas, entidades e variáveis esta função apresenta-se de grande utilidade, esta capacidade permite um desenvolvimento mais rápido dos SP.

3.6.2- Microsoft Visual Studio

O Microsoft Visual Studio consiste num IDE da Microsoft da Microsoft. É utilizado para o desenvolvimento de aplicações de *interface* com o utilizador através de aplicações *Web Form*, *web sites*, aplicações *web* e *web services* [8]. Suporta várias linguagens de programação importantes para o desenvolvimento do projeto, como sejam o C# , HTML, javascript e CSS.

A escolha deste IDE para o desenvolvimento da aplicação recaiu não só nas suas capacidades mas também porque este era já o utilizado no desenvolvimento da Gestão Técnica de Edifícios.

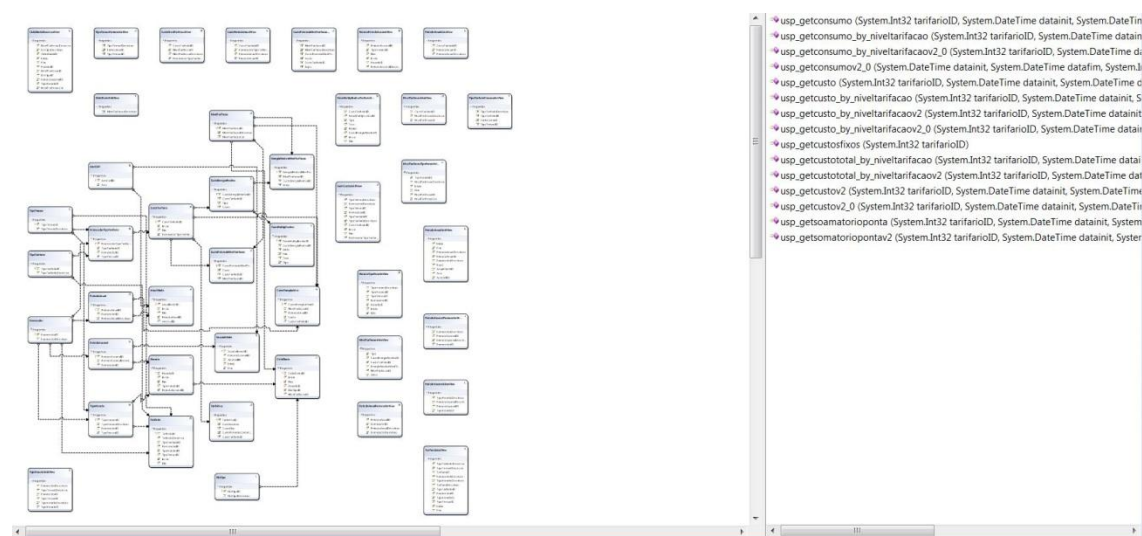


Figura 3.14 - Data Designer.

Uma das características mais importantes para o desenvolvimento de uma aplicação como a Gestão de Energia, que atravessa várias camadas, consiste no *Class e Data designer*. Esta funcionalidade permite a importação das várias tabelas de dados e SP das bases de dados utilizadas e automaticamente cria uma imagem do modelo de dados e as respetivas classes, facilitando o manuseamento dos dados.

3.6.3- Biblioteca Telerik

Esta biblioteca disponibiliza controlos mais sofisticados do que os nativos da plataforma ASP.NET.

June 2012 - September 2012													
Jun 12							Jul 12						
S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S
22	27	28	29	30	31	1	26	24	25	26	27	28	29
23	3	4	5	6	7	8	27	1	2	3	4	5	6
24	10	11	12	13	14	15	28	8	9	10	11	12	13
25	17	18	19	20	21	22	29	15	16	17	18	19	20
26	24	25	26	27	28	29	30	22	23	24	25	26	27
27	1	2	3	4	5	6	31	29	30	31	1	2	3
Aug 12							Sep 12						
S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S
31	29	30	31	1	2	3	35	26	27	28	29	30	1
32	5	6	7	8	9	10	36	2	3	4	5	6	7
33	12	13	14	15	16	17	37	9	10	11	12	13	14
34	19	20	21	22	23	24	38	16	17	18	19	20	21
35	26	27	28	29	30	31	39	23	24	25	26	27	28
36	2	3	4	5	6	7	40	30	1	2	3	4	5

Figura 3.15 - Calendário da biblioteca *Telerik*.

A imagem apresenta o controlo do tipo calendário incluído na biblioteca *Telerik*. À semelhança dos outros controlos incluídos, este calendário apresenta um elevado nível de customização, permitindo por exemplo a exibição de vários meses ou mudanças de tema, customizações estas que não estão presentes nos controlos nativos.

3.6.4- Biblioteca *HighCharts*

A *HighCharts* é uma biblioteca gráfica escrita em *javascript* que oferece gráficos interativos para o desenvolvimento de *web sites* ou aplicações *web*, suportando todos os géneros de gráficos convencionais (colunas, barras, circulares, dispersão entre outros).

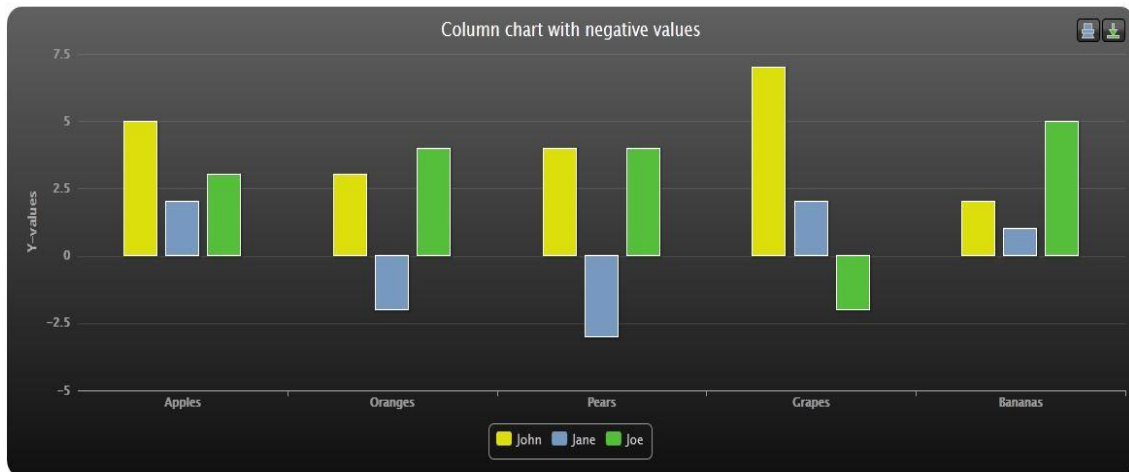


Figura 3.16 - Gráfico de barras da biblioteca *HighCharts*.

Dado que se trata de uma aplicação de análise de dados, é muito importante a forma como os dados são apresentados e a interação possível com esses dados. A *HighCharts* inclui várias funcionalidades interessantes do ponto de vista da apresentação dos mesmos capazes de serem integradas de uma forma simples, permitindo ao utilizador encontrar a informação que procura.

Capítulo 4

Conceção da Aplicação

No capítulo anterior, a aplicação foi estruturada segundo a arquitetura de três camadas. Neste capítulo, será feita uma análise à conceção de cada uma das camadas, identificando as técnicas utilizadas, assim como justificando algumas das opções tomadas no desenvolvimento da aplicação.

4.1- Base de Dados

O trabalho desenvolvido ao nível da camada de dados teve duas grandes componentes:

- Modelo de dados de suporte aos consumos
- *Stored Procedures* para cálculo de custos e consumos

Para além de suportar as leituras de diversas variáveis e diversos pontos de consumo, esta base de dados terá de suportar também:

- Equipamentos
- Alarmes
- Locais
- Contratos

4.1.1- Modelo Conceptual da Base de Dados

Assim, de uma forma conceptual, as relações entre as várias entidades a incluir na base de dados deverão ter a seguinte representação gráfica:

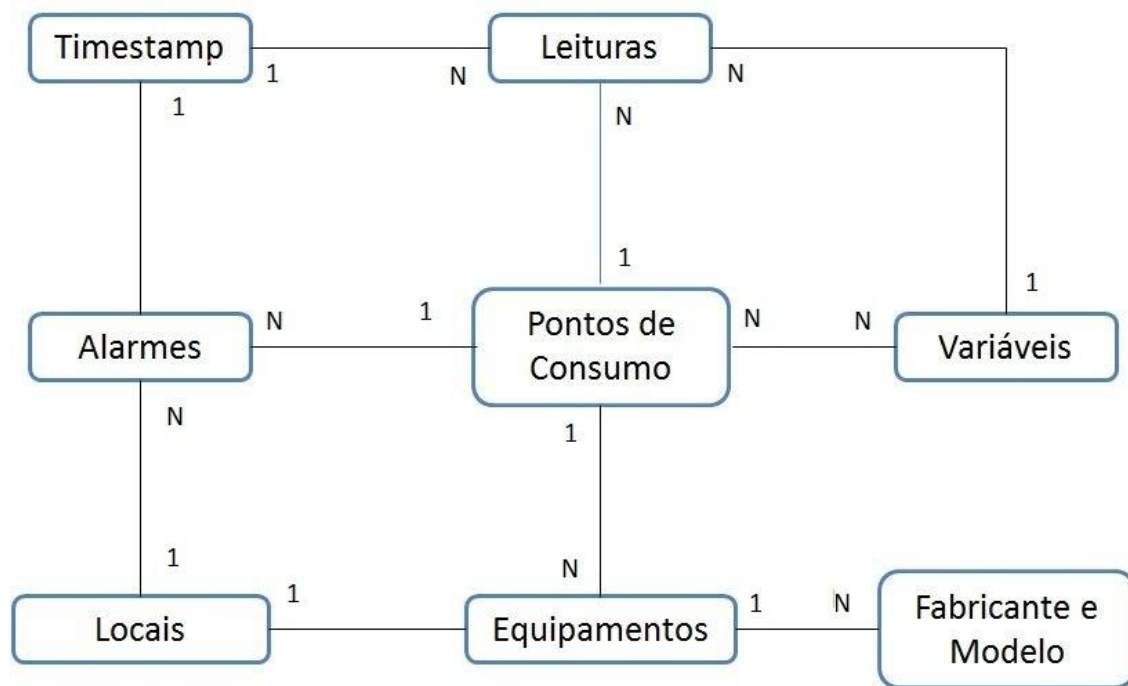


Figura 4.1 - Modelo conceptual da base de dados.

Seguidamente terá lugar uma breve explicação da pertinência e função de cada uma das entidades acima presentes.

Leituras - É uma das entidades mais importantes da base de dados. Vai ser uma das entidades com maior volume de dados associados pelo que o seu desenho terá de ser muito cuidadoso. Nesta entidade estarão presentes todos os atributos necessários para identificar o consumo registado, daí as relações com as entidades variáveis, pontos de consumo e tempo.

Variáveis - Nesta entidade estarão alojadas as várias variáveis que serão analisadas como sejam potência ativa ou reativa, por exemplo. A relação com a entidade pontos de consumo permitirá manter um registo de quais as variáveis medidas nos vários pontos.

Ponto de Consumo - Esta entidade mantém a informação relativa aos vários locais em que são efetuadas as medições. Para além desta entidade, os pontos de consumo servem também para definir os locais a que são associados alarmes ou ainda equipamentos.

Timestamp - É uma entidade determinante na construção da base de dados pois trata-se de uma dimensão muito importante no que toca à apresentação de consumos ou custos ao utilizador. Está relacionada com todas as entidades que têm uma forte associação a aspetos temporais: alarmes e consumos.

Alarmes - Esta entidade conterá a informação relativa aos alarmes, estando obviamente relacionada com o tempo, como anteriormente referido, mas também com a loja permitindo identificar o local onde se deu o alarme.

Equipamentos - Esta entidade é também uma das mais complexas pois está relacionada com outras quatro entidades. Duas destas entidades, certificados e contratos e fabricante modelo, servem para relacionar o equipamento com características importantes do ponto de vista técnico. Enquanto as outras duas, marca/loja e ponto de consumo servem para situar o equipamento no mapa físico e de pontos de consumo da organização.

Fabricante/Modelo - Esta entidade reúne a informação característica de cada equipamento.

Locais - Esta entidade diz respeito à estrutura física em questão. No caso de ser uma superfície comercial, poderá ter associada a marca ou grupo a que pertence.

4.1.2- Considerações no desenho da base de dados

Para aumentar a performance da base de dados foram utilizadas técnicas de modelização OLAP, modularizando ao máximo cada entidade que a compõe, por forma a simplificar as perguntas.

Como tal, foram tomadas algumas considerações importantes no que toca ao desenho desta base de dados, algumas das quais serão apresentadas de seguida:

- **Organização Segmentada**

A organização do modelo de dados está feita por forma a reduzir ao máximo a interdependência das várias entidades. Desta forma, as perguntas efetuadas à base de dados serão mais simples, tornando melhor a sua performance. Para além disto, esta modularidade permitirá uma maior simplicidade nas alterações futuras.

- **Entidade Data-Tempo**

Uma característica das bases de dados orientadas a negócios é a presença da dimensão temporal. Do ponto de vista da lógica da aplicação, a dimensão temporal apresenta-se muitas vezes problemática visto estar presente em muitas outras entidades, pelo que a sua definição

é muito importante para o bom desempenho da camada de dados e da camada lógica. Assim sendo, foi criada uma entidade única responderá às necessidades temporais de todas as entidades que necessitem.

4.1.3- Modelo Final da Base de Dados

Como foi referido anteriormente, a base de dados representa um aspeto fulcral no desempenho da aplicação, pelo que o seu desenvolvimento foi feito segundo uma metodologia em espiral, até obter um modelo relacional que satisfizesse os propósitos da aplicação.

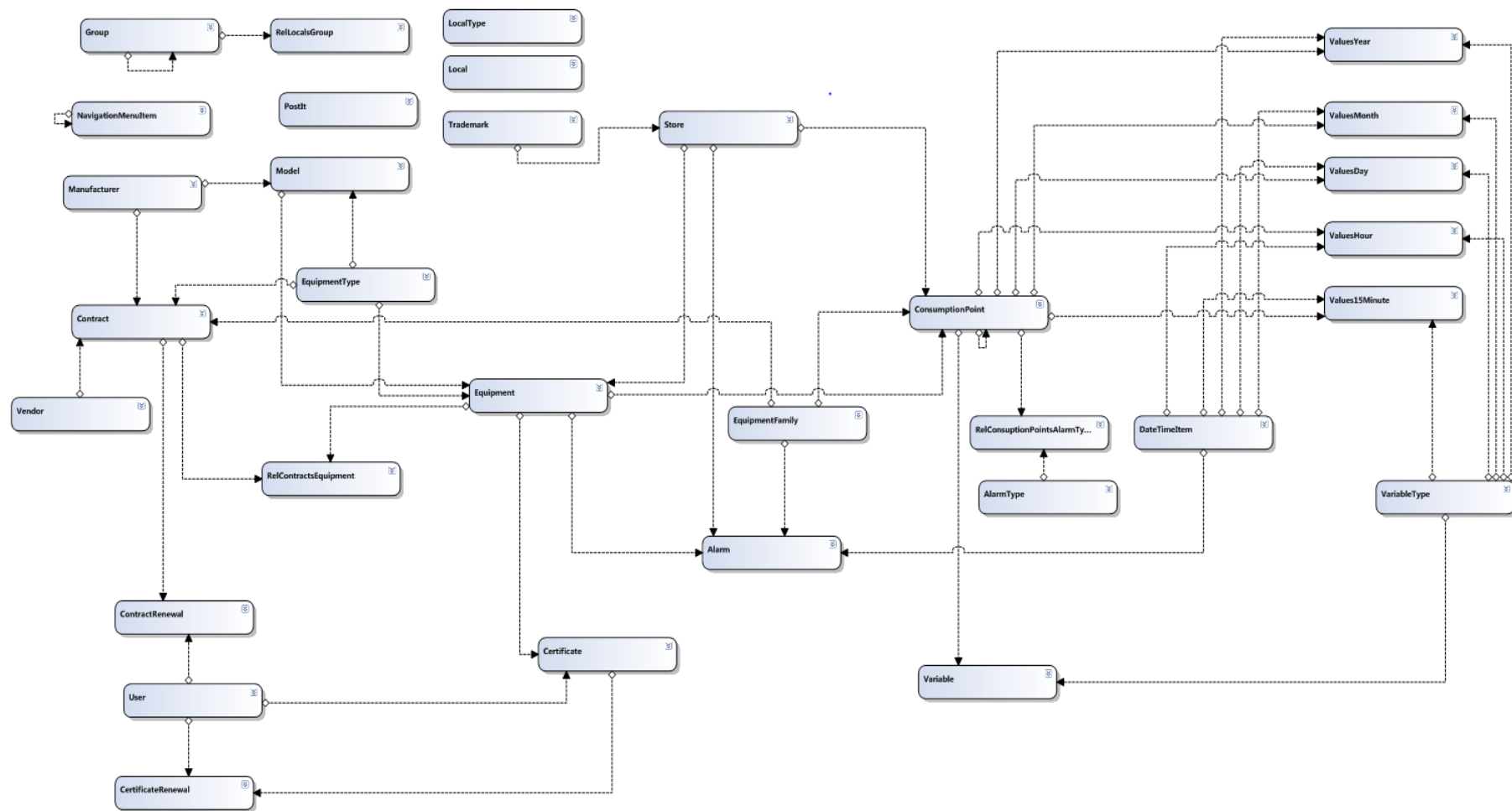


Figura 4.2 - Modelo de dados final.

Na imagem da página anterior pode ser visto o modelo relacional completo da base de dados relativa aos consumos. Muitas das entidades que podem ser observadas não fazem parte do modelo conceptual e surgiram de necessidades de desempenho ou para tornar a base de dados o mais modular e segmentada possível. A título de exemplo, seguidamente será explicada uma das características mais importantes para o desempenho da base de dados, principalmente em termos de velocidade de resposta.

Uma das particularidades que esta base de dados teve ter em conta consiste no enorme volume de dado que terá de albergar e posteriormente fornecer à camada de lógica da aplicação. A entidade com maior volume de dados será a entidade Valores/Leituras. Como referido anteriormente, a utilização de técnicas para uma base de dados OLAP pode fazer com que a organização da mesma dê origem a um tempo de resposta mais curto.

Para permitir maior rapidez no processamento dos dados dos valores lidos, estes estão organizados segundo cinco horizontes temporais: períodos de quinze minutos, horários, diários, mensais e, finalmente, anuais. Tendo em conta que, tipicamente, a resolução temporal interessante não será de quinze minutos, mas sim, no mínimo, de um dia é importantíssimo ter estes valores disponíveis ao alcance de uma pergunta apenas. Caso tal não acontecesse, seria necessário fazer noventa e seis operações para obter o valor agregado do consumo diário.

4.2- Stored Procedures

Tal como explicado no capítulo 3, os *Stored Procedures* são desenvolvidos para poderem ser utilizados como funções do lado da camada de gestão de dados.

Cada um dos SP desenvolvidos terá como função agregar e tratar dados que servirão para alimentar elementos da *interface*, sendo que as saídas de cada um deles serão obtidas com recurso a dados que se encontram nas duas bases de dados utilizadas pela aplicação: a base de dados de Tarifários (não contemplada nesta dissertação) e a base de dados dos Consumos anteriormente detalhada.

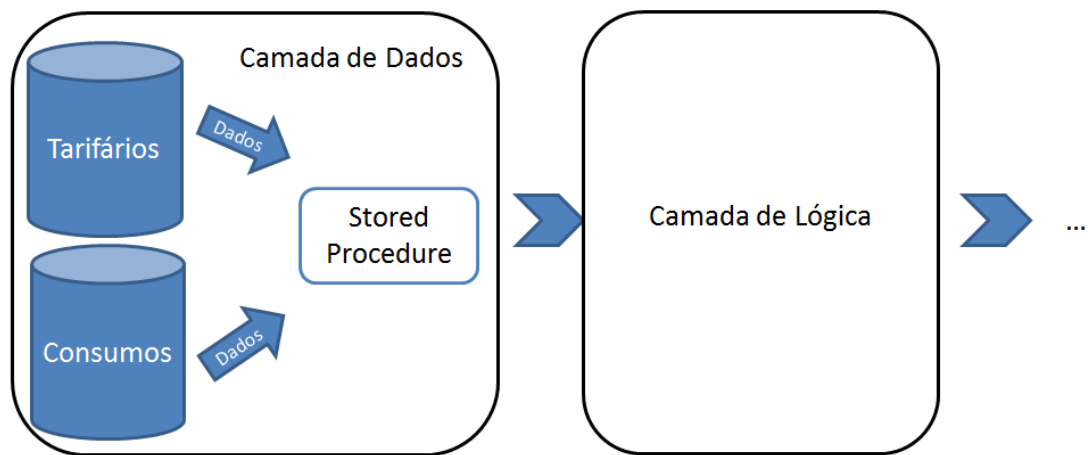


Figura 4.3 - Funcionamento dos SP na aplicação.

Assim, com vista a fornecer os dados para a camada de lógica da aplicação foram criados os seguintes SP, sendo que entre parêntesis serão indicadas as bases de dados utilizadas por cada um:

- **GetConsumo:** retorna o consumo por dia, para um dado ponto de consumo, variável e período de tempo (Consumos).
- **GetConsumoByNivelTarifacao:** semelhante ao anterior, mas agrupa os consumos por dia e por nível de tarifação (Consumos e Tarifários).
- **GetCusto:** retorna o custo por dia, para um dado ponto de consumo, variável e período de tempo (Consumos e Tarifários).
- **GetCustoByNivelTarifacao:** semelhante ao anterior, mas agrupa os consumos por dia e por nível de tarifação (Consumos e Tarifários).
- **GetCustosFixos:** retorna todos os custos fixos inerentes a um determinado tarifário como, por exemplo, o custo pela potência contratada semelhante ao anterior, mas agrupa os consumos por dia e por nível de tarifação (Tarifários).
- **GetSomatorioPonta:** retorna os valores de total de horas de ponta e o consumo durante as mesmas, para um dado período de tempo (Consumos e Tarifários).

A título de exemplo, será apresentada a sequência de operações realizadas pelo SP **GetCustoByNivelTarifacao**:

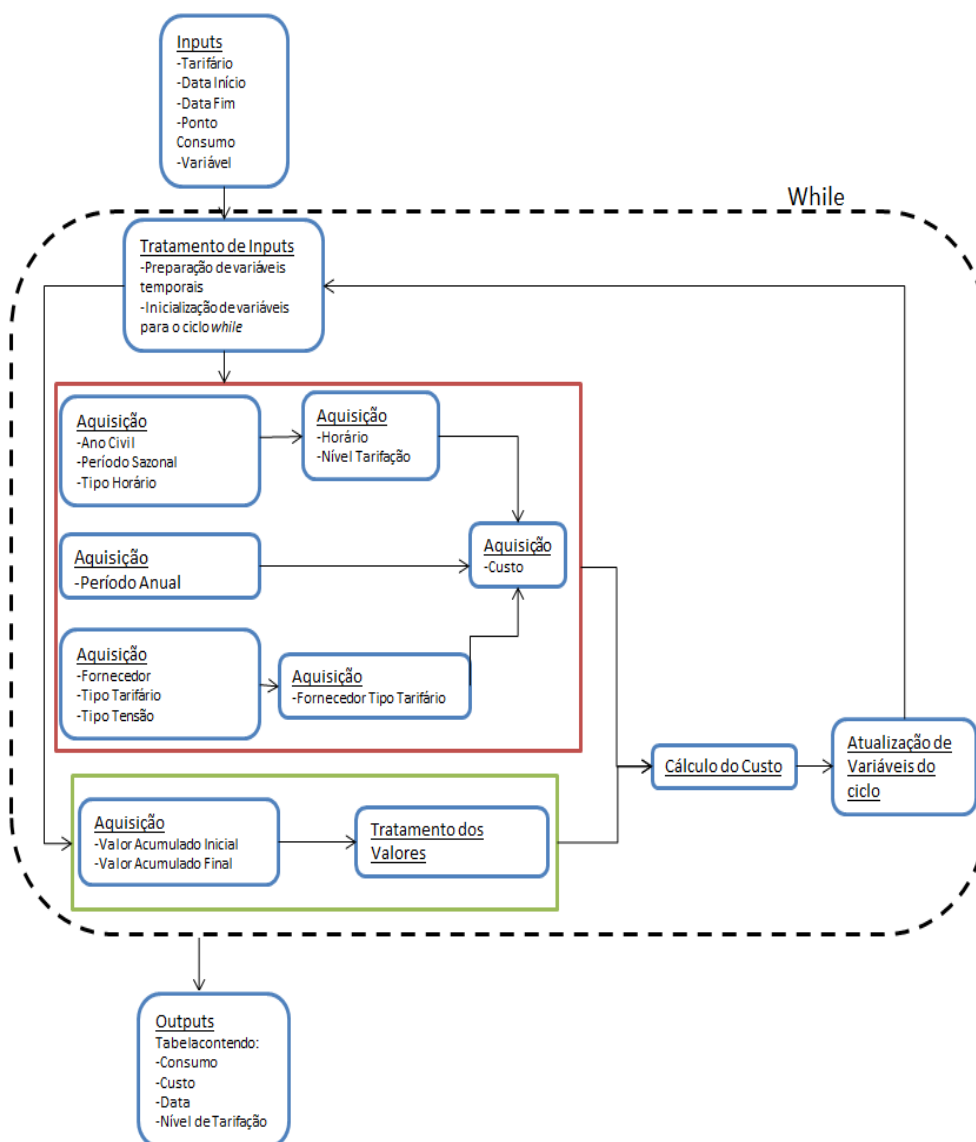


Figura 4.4 - Esquema do SP GetCustoByNivelTarifacao.

Para uma leitura correta da sequência de perguntas e dados, o esquema deverá ser lido de cima para baixo e da direita para a esquerda. Mais ainda, os elementos envolvidos pela linha vermelha dizem respeito à base de dados de Tarifários, enquanto que os envolvidos pela linha verde dizem respeito à base de dados de Consumos.

Como é possível examinar na figura 4.4 há três partes essenciais a este SP: os dados de entrada, o processamento dos mesmos no ciclo *while* e finalmente os dados de saída. É, obviamente, no ciclo que reside toda a parte mais complexa e que será então explicada.

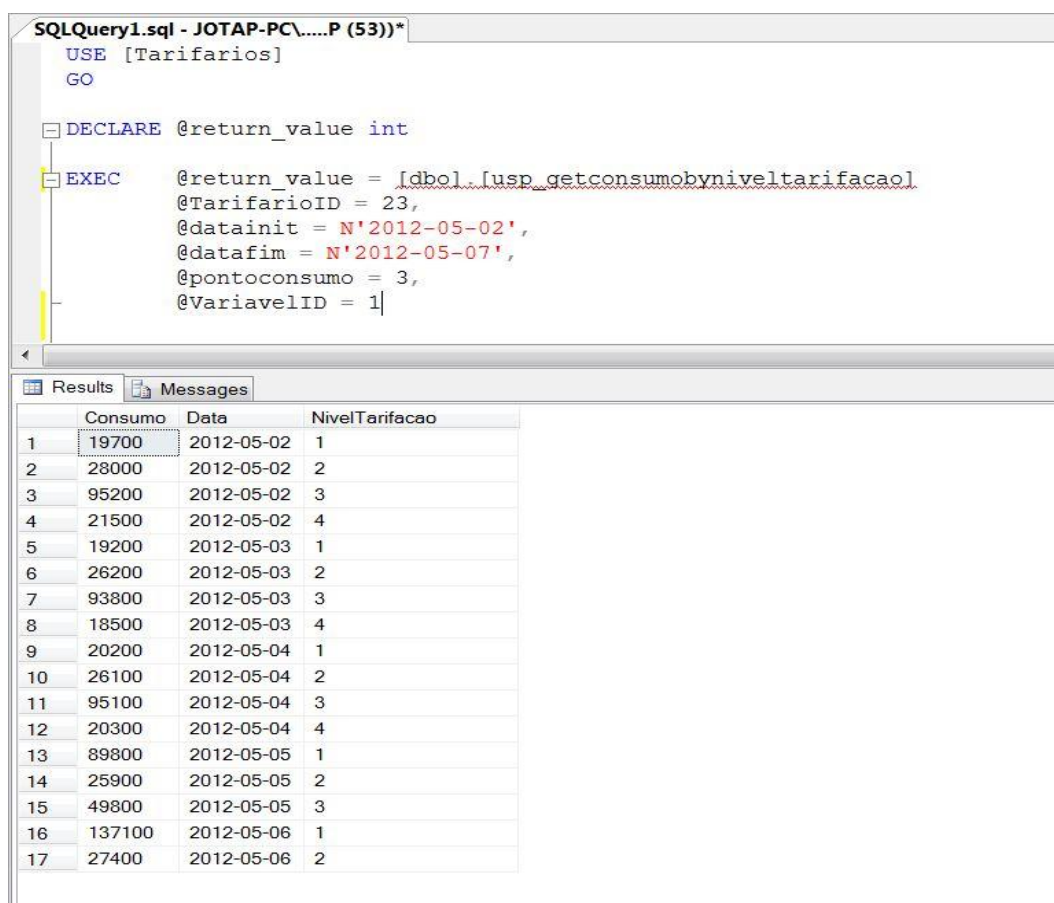
Dado que os dados têm uma dimensão temporal, é necessária uma preparação dos mesmos, por exemplo, separar o ano, ou ainda descobrir qual o dia da semana. Para tal são utilizadas algumas funções nativas do SQL como por exemplo a “*DATEPART()*”. O ciclo é carregado com a primeira data e é feita uma pergunta de preparação para a obtenção do

timestamp relativo à primeira leitura do dia. A partir desta informação, com base no dia e na hora a que esta leitura foi efetuada, o SP fará um conjunto de perguntas à base de dados de tarifários para assim determinar qual o custo associado ao período em questão.

Uma vez obtido esse custo, é necessário saber também qual o consumo registado nesse momento. Para tal, são feitas duas perguntas à base de dados de consumos, para saber qual o consumo registado no início do período do nível de tarifação em vigor e outra com o valor no final. Uma vez subtraído o valor inicial ao valor final temos o consumo para esse período.

No final da rotina, é atualizada a data de início carregada no ciclo, entre outras variáveis auxiliares, e a sequência repete-se.

Na imagem a seguir podem ser vistos os dados retornados pelo SP em causa, quando executado a partir do Microsoft SQL Server, na qual podemos ver os parâmetros de entrada e, nos resultados os valores relativos ao consumo por nível de tarifação, por dia.



```
SQLQuery1.sql - JOTAP-PC\.....P (53))*
USE [Tarifarios]
GO

DECLARE @return_value int

EXEC      @return_value = [dbo].[usp_getconsumobyniveltarifacao]
          @TarifarioID = 23,
          @datainit = N'2012-05-02',
          @datafim = N'2012-05-07',
          @pontoconsumo = 3,
          @VariavelID = 1
```

	Consumo	Data	NivelTarifacao
1	19700	2012-05-02	1
2	28000	2012-05-02	2
3	95200	2012-05-02	3
4	21500	2012-05-02	4
5	19200	2012-05-03	1
6	26200	2012-05-03	2
7	93800	2012-05-03	3
8	18500	2012-05-03	4
9	20200	2012-05-04	1
10	26100	2012-05-04	2
11	95100	2012-05-04	3
12	20300	2012-05-04	4
13	89800	2012-05-05	1
14	25900	2012-05-05	2
15	49800	2012-05-05	3
16	137100	2012-05-06	1
17	27400	2012-05-06	2

Figura 4.5 - Execução do SP GetConsumoByNivelTarifacao.

4.3- Lógica da Aplicação

Como foi explicado anteriormente, nesta camada, os dados são tratados e preparados para serem apresentados ao utilizador. Será apresentada a tecnologia que permite aceder aos dados através de um exemplo do tratamento dessa informação.

4.4.1- Exemplo de Tratamento de Dados e Construção de Gráficos

A título de exemplo será apresentada o código da página *Benchmarking*, relativa ao caso de uso Efetuar *Benchmarking* e ao evento que é despoletado pela confirmação das entradas, conforme a descrição detalhada do caso de uso.

O código está basicamente dividido em duas partes: pergunta à base de dados e tratamento dos dados e a construção dos gráficos.

Na primeira fase, as entradas são carregadas para o SP GetConsumo, sendo que este será chamado duas vezes (uma para cada um dos pontos de consumo a comparar), sendo a informação retornada atribuída a uma lista (*_Consumos1* para a primeiro ponto de consumo e *_Consumos2* para o segundo).

```

List<usp_getconsumov2_0Result> _Consumos1 = db.usp_getconsumov2_0(_datainit1, _datafim1, _pontoConsumo1, _variavel1ID, _energia1).ToList();
List<usp_getconsumov2_0Result> _Consumos2 = db.usp_getconsumov2_0(_datainit1, _datafim1, _pontoConsumo2, _variavel2ID, _energia2).ToList();

var _listConsumos1 =
    from _c1 in _Consumos1
    select new { _c1.Consumo, _c1.Data };

var _listConsumos2 =
    from _c2 in _Consumos2
    select new { _c2.Consumo, _c2.Data };

DateTime _dataAux1 = new DateTime(0001, 1, 1);
TimeSpan _range1 = _datafim1.Value.Subtract(_datainit1.Value);

DateTime _dataAux2 = new DateTime(0001, 1, 1);
TimeSpan _range2 = _datafim1.Value.Subtract(_datainit1.Value);

int _index1 = -1;
int _stringDIM1 = _range1.Days + 1;
float[] _consumos1 = new float[_stringDIM1];
float[] _consumo_acumulado1 = new float[_stringDIM1];

string[] _eixoX1 = new string[_stringDIM1];
float[] _consumo_acumulado2 = new float[_stringDIM1];

int _index2 = -1;
int _stringDIM2 = _range2.Days + 1;
float[] _consumos2 = new float[_stringDIM2];
  
```

↑
Chamada dos SP

← Inicialização de Variáveis Auxiliares

Figura 4.6 - Lógica da Página *Benchmarking*, passo 1, parte 1.

Seguidamente, após a inicialização de várias variáveis auxiliares, os dados encontrados nestas listas serão tratados num laço “*foreach*” em que serão construídos dois *arrays*: *_consumos1* e *_consumo_acumulado1* (no caso do segundo ponto de consumo serão o *_consumos2* e *_consumo_acumulado2*). Para além destes *arrays* contendo os valores das

leituras, é construído também um outro contendo as datas em que as leituras foram efetuadas.

```
//COST HANDLING
foreach (var _listConsumo1 in _listConsumos1)
{
    if (_dataAux1 < _listConsumo1.Data)
    {
        _index1++;
        _dataAux1 = (DateTime)_listConsumo1.Data;
        _eixoX1[_index1] = _listConsumo1.Data.ToString();
    }

    _consumos1[_index1] = (float)_listConsumo1.Consumo.Value;

    if (_index1 != 0)
        _consumo_acumulado1[_index1] = _consumo_acumulado1[_index1 - 1] + _consumos1[_index1];
    else
        _consumo_acumulado1[_index1] = _consumos1[_index1];
}

foreach (var _listConsumo2 in _listConsumos2)
{
    if (_dataAux2 < _listConsumo2.Data)
    {
        _index2++;
    }

    _consumos2[_index2] = (float)_listConsumo2.Consumo.Value;
    if (_index2 != 0)
        _consumo_acumulado2[_index2] = _consumo_acumulado2[_index2 - 1] + _consumos2[_index2];
    else
        _consumo_acumulado2[_index2] = _consumos2[_index2];
}
```

Figura 4.7 - Lógica da Página *Benchmarking*, passo 1, parte 2.

Na segunda fase, tem lugar toda a construção dos gráficos, em que são declaradas as várias classes que o constituem, configuradas as várias propriedades e ainda carregados os dados para os eixos dos gráficos.

```

_chartConsumos.Title = "Consumos";
_chartConsumos.YAxisTitle = "KW";
_chartConsumos.Stacking = Stacking.Null;

Categories _categories1 = new Categories();
_categories1.AddRange(_eixoX1.AsEnumerable());
_chartConsumos.DataSource.Categories = _categories1;

Series _series1 = new Series();
_chartConsumos.DataSource.Series = _series1;

SeriesItem _series1Item1 = new SeriesItem();
_series1Item1.Name = "Consumos Loja1";
_series1Item1.Color = ColorTranslator.FromHtml("#6A909A");
_series1Item1.Type = ChartType.Column;
_series1Item1.Data = new SeriesData(_consumos1.AsEnumerable());
_series1.Add(_series1Item1);

SeriesItem _series1Item2 = new SeriesItem();
_series1Item2.Name = "Consumos Loja2";
_series1Item2.Color = ColorTranslator.FromHtml("#F89822");
_series1Item2.Type = ChartType.Column;
_series1Item2.Data = new SeriesData(_consumos2.AsEnumerable());
_series1.Add(_series1Item2);

SeriesItem _series1Item1Acumulado = new SeriesItem();
_series1Item1Acumulado.Name = "Consumos Loja1 Acumulado";
_series1Item1Acumulado.Color = ColorTranslator.FromHtml("#6A909A");
_series1Item1Acumulado.Type = ChartType.Spline;
_series1Item1Acumulado.Data = new SeriesData(_consumo_acumulado1.AsEnumerable());
_series1.Add(_series1Item1Acumulado);

SeriesItem _series1Item2Acumulado = new SeriesItem();
_series1Item2Acumulado.Name = "Consumos Loja2 Acumulado";
_series1Item2Acumulado.Color = ColorTranslator.FromHtml("#F89822");
_series1Item2Acumulado.Type = ChartType.Spline;
_series1Item2Acumulado.Data = new SeriesData(_consumo_acumulado2.AsEnumerable());
_series1.Add(_series1Item2Acumulado);

```

← Inicialização de propriedades do gráfico

← Eixo XX, carregado com datas

← Array de consumos carregado

← Array de consumos acumulados carregado

Figura 4-8 - Lógica da Página *Benchmarking*, passo 2.

Esta construção encontra-se feita na linguagem C#, apesar de a linguagem de programação do *HighCharts* ser *javascript*. Tal foi possível através da utilização de uma biblioteca de programação desenvolvida fora do âmbito desta dissertação, mas cujo desenvolvimento foi acompanhado.

4.4- Desenvolvimento das *Interfaces*

Seguindo a linha de desenvolvimento do projeto e a arquitetura de três camadas, o passo final consistirá no desenvolvimento das *interfaces*. Para tal, vão ser tidos em conta os conceitos base desta aplicação, já mencionados anteriormente, assim como os casos de uso e esboços apresentados no final do capítulo três.

Dado que estes casos de uso pertencem ao pacote de Análise e Consulta as semelhanças nas *interfaces* serão notórias. Esta semelhança surge para tornar as *interfaces* o mais simples e padronizadas possível. Assim, numa *interface* típica de Consulta e Análise, o utilizador deverá encontrar à esquerda a árvore de locais, à direita todas as parametrizações necessárias para gerar os dados, e no centro a informação gerada.

4.4.1- Benchmarking

A *interface* a seguir apresentada diz respeito ao caso de uso detalhado na tabela 3.2 e tem como objetivo dar a possibilidade ao utilizador de comparar dois pontos de consumo diferentes.

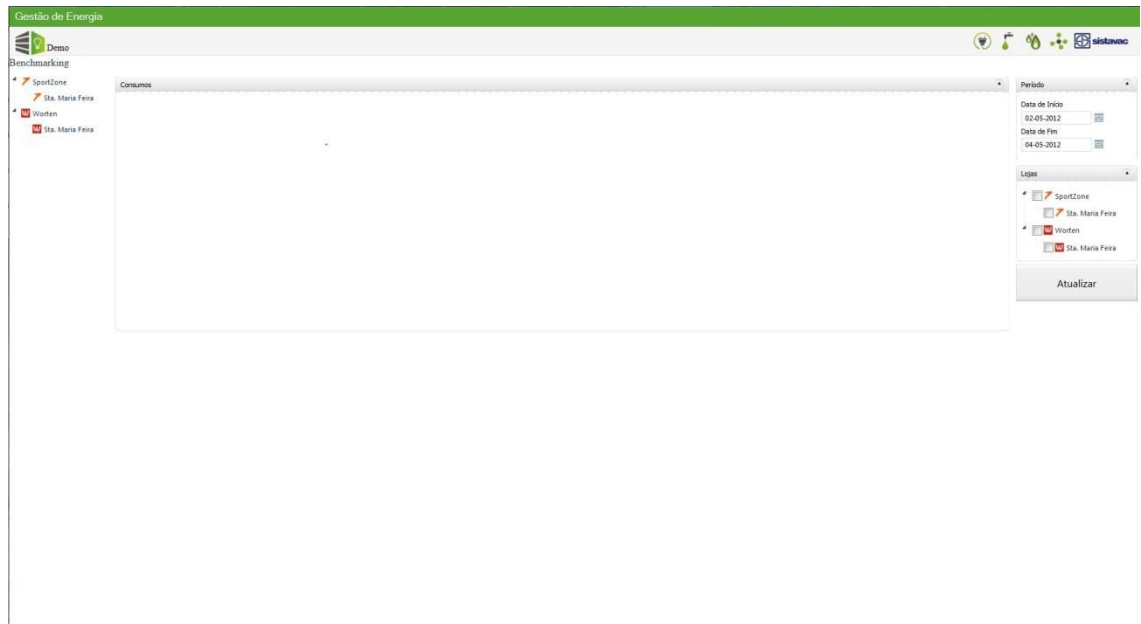


Figura 4.9 - Interface Benchmarking 1.

Na figura 4.9, podemos visualizar o esquema normal das páginas de Análise e Consulta, com a disposição dos vários elementos anteriormente mencionada. As entradas esperadas são a janela temporal e as lojas cujos consumos serão comparados.

No centro da *interface* encontra-se desde já uma zona definida com o título “Consumos”. Apesar de nesta fase ainda não haver qualquer tipo de exibição de consumos, o título indica ao utilizador o que será exibido ao clicar sobre o botão atualizar.



Figura 4.10 - Interface Benchmarking 2.

Nesta segunda fase da *interface* encontram-se exibidos os consumos verificados entre 1 e 8 de Maio de 2012 nas lojas seleccionadas. No gráfico superior temos uma vista comparativa entre os consumos das duas lojas, por dia e acumulado. Nos gráficos inferiores, pode ser visto um gráfico para cada uma das lojas, sendo que para cada dia estão visíveis os consumos discriminados por nível de tarifação.

Neste modo, à distância de alguns cliques, o utilizador poderá efetuar comparações e a partir destas inferir que possíveis medidas a ser tomadas.

4.4.2- Eficiência Energética: Impacto de Bateria de Condensadores

A *interface* a seguir apresentada diz respeito ao caso de uso detalhado na tabela 3.3 e enquadra-se na família de casos de uso relativos à eficiência energética. O desenho das *interfaces* para esta família de casos de uso assentará em três fases: parametrização das entradas (janela temporal, ponto de consumo, variável, por exemplo), exibição dos consumos reais e inserção da correção, e finalmente exibição dos resultados simulados com a correção inserida anteriormente.

Assim, a primeira imagem desta *interface* apresenta um esquema em tudo idêntico ao da figura 4-9, sendo a única diferença o título da página.

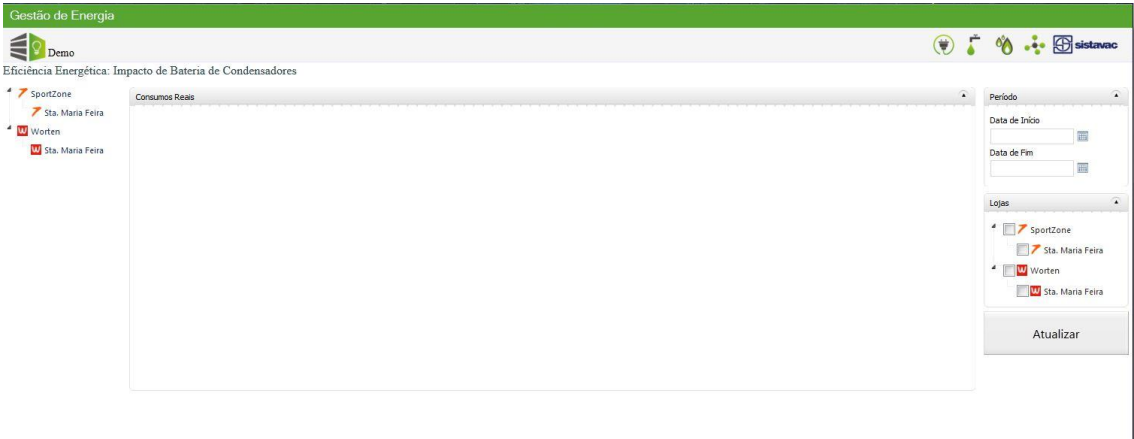


Figura 4.11 - Interface Eficiência Energética: Impacto de Bateria de Condensadores 1.

Mais uma vez encontramos a preocupação de comunicar ao utilizador qual será a informação apresentada após a submissão das entradas; neste caso os dados serão de consumos reais.

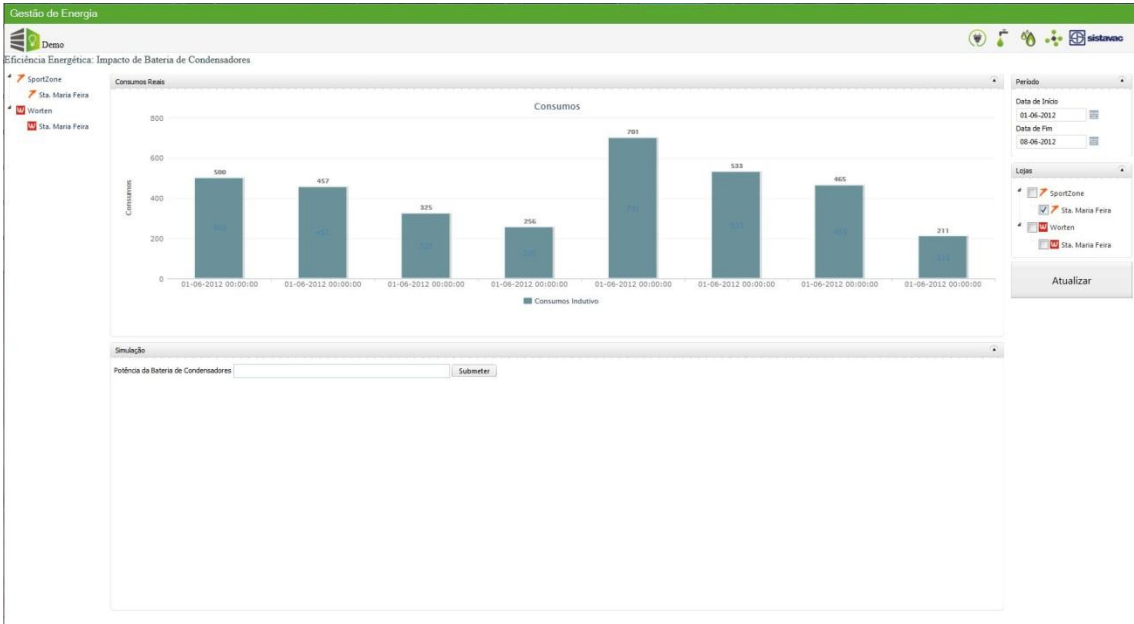


Figura 4-12 - Interface Eficiência Energética: Impacto de Bateria de Condensadores 2.

Na figura 4.12, podemos observar o consumo de energia reativa verificado entre 1 e 8 de Junho de 2012 para a loja selecionada. Estes consumos são todos de cariz indutivo. Em paralelo com estes dados, surgiu uma nova área na *interface* com um campo para introdução de valores (Potência do Banco de Condensadores). O título “Simulação” indica ao utilizador qual a informação que irá surgir de seguida.



Figura 4.13 - Interface Eficiência Energética: Impacto de Bateria de Condensadores 3.

Nesta última figura, podemos ver o gráfico do consumo simulado. O código de cores permite diferenciar os consumos indutivo do capacitivo e perceber também qual o impacto da medida tomada em termos de consumos.

Capítulo 5

Conclusões

5.1- Análise e Avaliação do Projeto

O trabalho desenvolvido ao longo da dissertação contribuiu para o desenho e desenvolvimento da aplicação de Gestão de Energia a integrar na aplicação de Gestão Técnica de Edifícios já existente. Foi desenvolvido o submódulo de Gestão de Consumos, assim como desenvolvidos elementos que interagem e são necessários ao submódulo de Gestão de Tarifários.

O processo de engenharia, metodologia adotada, mostrou-se uma escolha acertada na resolução do problema apresentado, sendo que os resultados obtidos permitem afirmar que os objetivos foram cumpridos com sucesso. Inicialmente foi feita um estudo de aplicações já existentes que permitiu absorver conceitos e necessidades presentes no mercado. A partir desta primeira avaliação, foi feita uma análise de requisitos de alto nível para a aplicação de Gestão de Energia, sendo que posteriormente foi traçado um plano de desenvolvimento da aplicação de Gestão de Consumos com maior detalhe.

A usabilidade, simplicidade e modularidade foram conceitos chaves tidos em conta no desenvolvimento da aplicação, respeitando assim os objetivos e a filosofia da aplicação de GTC.

Em suma, os contributos para a aplicação de Gestão de Energia foram:

- Análise e Especificação de Requisitos de alto nível;
- Desenho e Implementação da base de dados de Consumos;
- Desenvolvimento de Stored Procedures para ambos os submódulos para acesso a dados;
- Desenho e Implementação das funcionalidades: *Benchmarking* e Eficiência Energética: Simulação do Impacto de Bateria de Condensadores.

Deste modo, foram identificadas mais funcionalidades possíveis, assim como desenvolvidos os elementos necessários para as suportar, sendo que foram ainda desenvolvidas duas funcionalidades nucleares numa aplicação com este cariz.

5.2- Perspetivas Futuras

A aplicação de Gestão de Energia, incluindo o submódulo de Gestão de Consumos, encontra-se numa fase de teste e validação nas instalações do Grupo Sonae, estando a ser utilizada por duas superfícies comerciais. Estes testes permitiram perceber as possíveis fragilidades da aplicação, assim como provar a sua aplicabilidade e conceito.

Será ainda necessário efetuar teste e melhoramentos no que diz respeito aos SP. O desenvolvimento dos mesmos foi feito utilizando um volume de dados reduzido, considerando a dimensão possível para este tipo de aplicações, pelo que possivelmente estes terão de sofrer otimizações para dar resposta a um aumento dos dados a tratar.

Apesar da pertinência das funcionalidades já desenvolvidas, há ainda um grande leque de funcionalidades interessantes para a Gestão de Consumos que deverão ser ainda implementadas. De entre estas é de salientar a previsão de consumos, funcionalidade que se entra em desenvolvimento e pretende calcular uma estimativa de consumo com base em dados anteriores.

Finalmente, outro ponto importante prende-se com a gestão de entidades como os alarmes ou a estrutura de pontos de consumos cujas *interfaces* estão ainda por desenvolver.

Resumindo, esta dissertação foi concluída com sucesso, mas a aplicação de Gestão de Energia, e em particular a Gestão de Consumos, tem ainda muita margem de desenvolvimento, utilizando as bases desenvolvidas ao longo deste projeto.

Anexo A

Análise de Aplicações de Gestão de Energia

1 Serious Energy Manager

A grande vantagem desta aplicação é monitorizar e prever falhas e maus funcionamentos do sistema. Deste modo, consegue poupar encontrando falhas de afinação, consumos em momentos errados ou a correr de forma ineficiente.

Funcionalidades

- Dashboard
 - Costumizável
 - widjets como alertas, estado da micro-rede, *benchmarking*, energia consumida até ao momento)
 - Variável conforme utilizador
- Análise de Tendências
 - Correção de falhas de leitura através de interpolação
 - Capacidade de definir limites para consumos individuais (aparelho) ou agregados (divisão, corredor, piso,...) e definir alertas associados
 - Análise gráfica comparativa na dimensão espacial (divisão, piso) ou dimensão medida (potência, temperatura)
 - Capacidade de exportação dos dados (pdf ou excel)
- *Benchmarking*
 - Interno
 - EnergyStar
- Análise Espectral
 - Análise rápida e de fácil de deteção de anomalias
- Budget and Forecasting
 - Compara orçamento atual com previsões baseadas em dados anteriores
 - Previsão de exigência energética tendo em conta escalonamento de serviço, previsões meteorológicas e dados anteriores
 - Simular tarifários

2 EnergyCap

A EnergyCAP disponibiliza três aplicações distintas, tendo mercados alvo diferentes:

- **EnergyCAP Enterprise** apontada para empresas de grandes dimensões, com a capacidade de processamento de centenas de milhares de contas por mês.
- **EnergyCAP Express** vocacionada para organizações de pequena e média dimensão, de fácil utilização e flexibilidade.
- **EnergyCAP Greenquest** que visa instalações simples de edifícios únicos (residências) que permite manter a informação organizada, alojada num website free.

As versões Express e Greenquest são versões simplificadas da Enterprise, pelo que apenas será analisada a mais completa.

Funcionalidades

- Verificação de Contas
 - Relativos a diferentes consumos (gás, água, papel, resíduos)
 - Algoritmos de auditoria de contas
 - Importação automática da conta aquando da emissão da fatura eletrónica por parte do fornecedor
 - Alertas configuráveis para situações em que as contas apresentem valores superiores aos definidos
- Análise de Dados
 - Grupos de comparação (pisos, tipo de equipamento) predefinidos
 - Identificação de outliers
 - Informação online sobre preços de fornecedores
 - Normalização de dados (ex: condições meteorologia) possibilitando uma melhor comparação
 - Capacidade de conjugar várias dimensões, por exemplo, utilização de um equipamento aquecedor e temperatura ao longo de um dia
- Apresentação e Relatórios
 - Capacidade de definir relatórios automáticos
 - Recalendarização de contas
 - Relatórios de projetos (assignar custos e consumos a projetos específicos)
 - Navegação em árvore
- Sustentabilidade
 - Rating EnergyStar
 - Rating de Emissões de gases de estufa
- Partir Contas
 - Capacidade de dividir contas por diversos consumidores

3 Pulse Energy Manager

Esta aplicação está desenhada para monitorizar um portfólio de edifícios, não apresentando qualquer tipo de funcionalidade de controlo. No entanto, não apresenta a possibilidade de desagregar os edifícios em elementos mais simples como sejam pisos ou divisões. Esta aplicação tem também uma importante função de sensibilização, visto que divulga os resultados da poupança de uma forma muito elucidativa aos utilizadores dos edifícios.

Funcionalidades

- *Benchmarking* externo
- Previsão de custos
- Previsão de custos e tendências de consumo
- Identificação de anomalias custosas e períodos de pico
- Agregar o portfólio por recursos ou edifícios
- Mensagens, dicas, comparações que ajudam a envolver os utilizadores dos edifícios nas políticas de poupança.
- Permite definir gamas de consumo
- Alertas automáticos sobre performance ou anomalias energéticas
- Análise do sistema face a cargas
- Medição da poupança com as medidas tomadas tendo em conta o EMS
- Permite gerar informação gráfica simples e de forma intuitiva para demonstrações
- Geração e envio automático de relatórios pré-definidos a stakeholders
- Meteorologia vs Utilização

4 Energy Lens - Energy Management Software

A Energy Lens é uma ferramenta de análise da energia consumida que é utilizada para gerir a energia consumida por parte de gestores ou engenheiros consultores.

Esta aplicação recebe os dados recolhidos pelo utilizador, a partir dos quais gera gráficos e funções de análise de acordo com as especificações do utilizador.

O fator distintivo desta aplicação é a sua simplicidade e facilidade de utilização, visto funcionar como add-on do Microsoft Excel. Sendo o mote da Energy Lens que os fatores importantes numa análise são identificados em gráficos básicos, tudo nesta aplicação é a favor da simplicidades, não permitindo assim customização de gráficos.

Não possui qualquer tipo de alerta, comunicação com dispositivos externos, mas dispõe de uma navegação simples, proporcionando uma utilização muito intuitiva.

Referências

- [1] The Defense Acquisition University Press of Virginia, "System Engineering Fundamentals", 2001
- [2] Bogza, R.M. and D. Zaharie, "Business Intelligence as a Competitive Differentiator", in 2008 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics (AQTR 2008) THETA 16th edition, 22-25 May 2008. 2008. Piscataway, NJ, USA: IEEE.
- [3] OLAP Conceitos e Utilização. Disponível em
<http://www.fag.edu.br/professores/limanzke>. Acesso em 23/Fevereiro/2012.
- [4] Wikipédia - Stored Procedure Disponível em
http://en.wikipedia.org/wiki/Stored_procedures. Acesso em 5/Abril/2012.
- [5] Fowler, Martin "Patterns of Enterprise Application Architecture", 2002.
- [6] Diagramas de caso de uso. Disponível em
<http://www.dsc.ufcg.edu.br/~sampaio/cursos/2007.1/Graduacao/SIII/Uml/diagramas/usecase/usecases.htm>. Acesso em 10/Fevereiro/2012.
- [7] MSDN: Introducing SQL Server Management Studio. Disponível em
<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms174173.aspx>. Acesso em 15/Março/2012.
- [8] Description of Visual Studio 2010 Service Pack 1. Disponível em
<http://support.microsoft.com/kb/983509>. Acesso em 21/Março/2012.