



Departamento de Ciências e Tecnologias da Informação

Quality Function Deployment - Ferramenta de apoio à decisão

André dos Santos Domingos

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de

Mestre em Engenharia Informática

Orientador:

Doutor João Carlos Marques Silva, Professor Auxiliar

Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE-IUL)

Setembro 2016

Resumo

A metodologia apresentada ao longo da dissertação é denominada por *Quality Function Deployment* (QFD). Esta é totalmente orientada ao cliente ao invés da orientação ao produto, onde o esforço de todos os departamentos envolvidos garante uma estreita união entre os objetivos definidos pelo cliente e o produto oferecido. Deste modo, é necessário definir ações a desenvolver para que esses objetivos sejam concretizados. Estas ações devem ser representadas de forma mensurável, para que seja possível proceder à sua análise e posterior otimização com recurso a um algoritmo. Os autores da dissertação realizam uma pequena introdução à origem da metodologia, à sua estrutura e método de funcionamento, além da análise a um algoritmo de normalização e priorização de ações já existente e um resumo dos problemas mais comuns aquando da utilização da QFD. É apresentado um modelo simples, flexível e quantitativo que inclui: Planeamento estratégico da organização que propõe minimizar as possíveis incompatibilidades entre as capacidades da mesma e as exigências do cliente. Variáveis de negócio envolvidas nas diferentes fases da conceção do projeto, a fim de calcular com maior precisão as prioridades das ações e permitir importâncias relativas nulas ou uniformes provenientes das exigências do cliente. O preenchimento quantitativo da metodologia que substitui o qualitativo, de modo a reduzir os erros de preenchimento e interpretação da metodologia. Por fim, os resultados provenientes deste novo modelo são analisados e apresentados com recurso a uma ferramenta programada na linguagem PHP

Palavras-chave: Quality Function Deployment, House of Quality, Planeamento estratégico, Prioritização, Normalização

Abstract

The Quality Function Deployment methodology is totally directed to the client instead of the product, wherein the effort from all the involved departments allows the match between the goals and the offered product. Therefore, it is necessary to determine the actions that aim at satisfying those goals. These actions must be measurable, in order to provide analysis and optimization opportunities. Afterwards, the prioritization of these actions is carried out so that they are performed in the most efficient way. Throughout the thesis, the authors introduce the origin of the methodology, its structure and operation, an existing normalization and prioritization algorithm and the most common problems when using the QFD. A new simple, flexible and quantitative model is proposed, which includes: A strategic planning of organization that proposes the minimization of possible incompatibilities that may arise between its capabilities and customer requirements. Business variables at the different stages of the design in order to calculate with greater precision the value resulting from the prioritization and to allow nullity or uniformity of the relative importance of customer requirements. The qualitative fulfillment of the correlations of the QFD methodology is replaced by a quantitative aspect that aims to minimize the filling of errors and interpretation when using the methodology. The results from this model are analyzed and presented using a tool programmed in PHP.

Keywords: Quality Function Deployment, House of Quality, Strategic planning, Prioritization, Normalization

Agradecimentos

O mais sincero agradecimento ao meu orientador, professor Doutor João Carlos Marques Silva, pela sua disponibilidade desde o primeiro contacto e pelo apoio na realização desta dissertação.

Aos meus pais, um grande obrigado por nunca terem deixado de acreditar em mim e por terem feito os possíveis e os impossíveis para permitir que o meu percurso académico acontecesse.

Aos meus amigos e namorada por todo o apoio e companheirismo incansável. Sem vocês, estes últimos anos não teriam sido a mesma coisa.

Índice

Resumo.....	ii
Abstract	iii
Agradecimentos	iv
Índice	v
Lista de figuras.....	vii
Lista de tabelas.....	x
Lista de abreviaturas	xi
1. Introdução.....	1
1.1. Motivação.....	2
1.2. Enquadramento.....	3
1.3. Questões de investigação.....	3
1.4. Objetivos	4
1.5. Método de investigação.....	4
2. Revisão da Literatura.....	9
2.1. <i>Total Quality Management</i>	9
2.2. Sete ferramentas de gestão e planeamento.....	11
2.3. <i>Quality Function Deployment</i>	15
2.3.1. <i>House of Quality</i>	15
2.3.2. Interligação das HoQ.....	16
2.3.3. Intercorrelações e intracorrelações	18
2.4. Algoritmo de priorização.....	19
2.4.1. Modelo de normalização e priorização de Chen & Chen	20
2.5. Planeamento do produto ou serviço.....	26
2.5.1. Definição do projeto.....	26
2.5.2. Identificação dos clientes	27
2.5.3. Recolha das necessidades/exigências	28
2.6. Planeamento estratégico	30
2.6.1. SWOT	31
2.6.2. IFAS, EFAS, SFAS	31
2.7. Problemas reportados.....	33
3. Solução proposta.....	35

3.1.	Tecnologia	35
3.1.1.	PHP	35
3.1.2.	<i>JavaScript</i>	36
3.1.3.	<i>Frameworks</i> e Bibliotecas.....	37
3.1.3.1.	<i>JQuery</i>	37
3.1.3.2.	<i>Bootstrap</i>	38
3.1.3.3.	<i>Smarty</i>	38
3.1.3.4.	<i>Highcharts</i>	39
3.1.4.	Servidores <i>Web</i>	39
3.2.	Arquitetura	40
3.2.1.	<i>Model View Controller</i>	41
3.2.2.	Base de dados.....	41
3.3.	Modelo proposto.....	45
3.3.1.	Planeamento estratégico na metodologia QFD	45
3.3.2.	Variáveis de negócio.....	47
3.3.3.	Vertente quantitativa	50
3.4.	Interface do utilizador	52
3.4.1.	<i>Home</i>	52
3.4.2.	<i>About</i>	54
3.4.3.	<i>Tool</i>	54
3.4.3.1.	<i>Settings</i>	55
3.4.3.2.	<i>Strategic Planning</i>	56
3.4.3.3.	<i>Quality Deployment</i>	58
3.4.3.4.	<i>Output</i>	65
3.4.4.	<i>Contact</i>	67
4.	Resultados	69
4.1.	Modelo proposto vs. Modelo de normalização e priorização de Chen & Chen.....	69
4.2.	Modelo proposto na empresa LKAB.....	70
4.3.	Modelo proposto na conceção de um smartphone.....	73
5.	Conclusões e trabalho futuro	81
	Anexos	86
	Publicação	86
	Referências bibliográficas.....	92

Lista de figuras

Figura 1. Evolução dos modelos	2
Figura 2. Ciclo de Deming (PDCA)	11
Figura 3. <i>Affinity diagram</i>	12
Figura 4. <i>Interrelationship “digraph”</i>	12
Figura 5. <i>Tree diagram</i>	13
Figura 6. <i>Matrix diagram</i>	13
Figura 7. <i>Priorization matrix</i>	14
Figura 8. <i>Process decision program chart</i>	14
Figura 9. <i>Activity network diagram</i>	15
Figura 10. Posição das ações e objetivos na HoQ	16
Figura 11. Sequência das fases da HoQ na metodologia.....	17
Figura 12. Posição das intercorrelações na HoQ.....	18
Figura 13. Posição das intracorrelações na HoQ.....	19
Figura 14. Ação do algoritmo de priorização na metodologia QFD	19
Figura 15. Transferência do conjunto de informação.....	20
Figura 16. Matriz QFD de entrada da fase 1	21
Figura 17. Estrutura auxiliar para a normalização.....	22
Figura 18. Linha normalizada	23
Figura 19. Matriz QFD de saída da fase 1 sem as priorizações.....	24
Figura 20. Matriz normalizada com prioridade	25
Figura 21. Etapas do planejamento de qualidade	26
Figura 22. Estrutura IFAS	32
Figura 23. Estrutura EFAS	32
Figura 24. Estrutura SFAS	32
Figura 25. Percentagem de utilização de linguagens de programação no lado do servidor	36
Figura 26. Percentagem de utilização de linguagens de programação <i>client-side</i>	36
Figura 27. Percentagem de utilização de bibliotecas <i>JavaScript</i>	37
Figura 28. Percentagem de utilização dos diversos servidores <i>web</i>	40
Figura 29. Padrão de <i>design MVC</i>	41
Figura 30. Nova sequência das fases da HoQ na metodologia.....	47
Figura 31. Variáveis de negócios como a totalidade da importância relativa dos objetivos	49

Figura 32. Variáveis de negócios como uma parte da importância relativa dos objetivos.....	50
Figura 33. Transformação dos símbolos em valores	51
Figura 34. Página inicial da ferramenta.....	53
Figura 35. Evolução dos processos durante a utilização da ferramenta	53
Figura 36. Introdução teórica à utilização da ferramenta	54
Figura 37. Escolha das definições da ferramenta	55
Figura 38. Flexibilidade presente no Modelo Proposto (<i>Our Prioritization</i>).....	56
Figura 39. Análise estratégica interna	57
Figura 40. Análise estratégica externa.....	57
Figura 41. Preenchimento sugerido da importância nas estratégias	58
Figura 42. Recolha dos requisitos do cliente com preenchimento automático da importância desativo	59
Figura 43. Recolha dos requisitos do cliente com preenchimento automático da importância ativo....	59
Figura 44. Escolha das Características de engenharia.....	60
Figura 45. Escolha das variáveis de negócio referentes às Características do cliente	61
Figura 46. Alterações de última hora	62
Figura 47. Preenchimento da matriz de entrada no algoritmo na QFD fase 1.....	63
Figura 48. Matriz de saída do algoritmo na QFD fase 1	64
Figura 49. Escolha das Características de peças	65
Figura 50. <i>Output</i> gráfico dos resultados da intercorrelações normalizadas da matriz de saída	66
Figura 51. <i>Output</i> gráfico dos resultados da prioridade da matriz de saída	66
Figura 52. Contacto de assistência	67
Figura 53. Esquema resumido do funcionamento da ferramenta	67
Figura 54. Diferentes intervalos/escala de correlação e intracorelação	69
Figura 55. Definições iniciais LKAB.....	71
Figura 56. Matriz de entrada de Tottie & Lager (1995).....	71
Figura 57. Prioridade das ações fase 1 da LKAB.....	73
Figura 58. Análise estratégica para a conceção do <i>smartphone</i>	74
Figura 59. Estratégia sugerida para a conceção do <i>smartphone</i>	75
Figura 60. Características do cliente para a conceção do <i>smartphone</i>	76
Figura 61. Matriz de entrada na fase 1 Estratégias vs. Características do cliente para a conceção do <i>smartphone</i>	76
Figura 62. Matriz de saída na fase 1 Estratégias vs. Características do cliente para a conceção do <i>smartphone</i>	77

Figura 63. Representação gráfica do matriz de saída na fase 1 Estratégias vs. Caraterísticas do cliente para a conceção do <i>smartphone</i>	77
Figura 64. Caraterísticas do cliente para a conceção do <i>smartphone</i>	78
Figura 65. Matriz de entrada na fase 2 Caraterísticas do cliente vs. Caraterísticas de engenharia para a conceção do <i>smartphone</i>	78
Figura 66. Matriz de saída na fase 2 Caraterísticas do cliente vs. Caraterísticas de engenharia para a conceção do <i>smartphone</i>	79
Figura 67. Representação gráfica do matriz de saída na fase 2 Caraterísticas do cliente vs. Caraterísticas de engenharia para a conceção do <i>smartphone</i>	79
Figura 68. Funcionalidades e efeitos do modelo proposto	82

Lista de tabelas

Tabela 1. Guidelines e respetiva descrição.....	6
Tabela 2. Fases da HoQ na metodologia	17
Tabela 3. Tabelas da base de dados e seus atributos	42
Tabela 4. Tabelas da base de dados otimizada e seus atributos	44
Tabela 5. Exemplo de utilização IFAS.....	45
Tabela 6. Exemplo de utilização EFAS.....	46
Tabela 7. Exemplo de utilização SFAS.....	46
Tabela 8. Exemplo estratégias.....	47
Tabela 9. Objetivos e variáveis de negócio	48
Tabela 10. Exemplo do preenchimento da matriz das variáveis de negócio anexa à HoQ sem importância relativa definida pelo cliente	48
Tabela 11. Importância relativa do objetivo calculada a partir das importância das variáveis de negócio	48
Tabela 12. Comparação entre o Modelo de normalização e priorização de Chen & Chen (Prioritization of Chen) e o Modelo proposto (<i>Our prioritization</i>)	70
Tabela 13. Comparação entre o modelo utilizado por Tottie & Lager (1995) e o Modelo proposto (<i>Our Prioritization</i>).....	72
Tabela 14. Comparações detalhadas entre modelos	83

Lista de abreviaturas

B2B	<i>Business to business</i>
B2C	<i>Business to Consumer</i>
CI	<i>Correlation Interval</i>
DOM	<i>Document Object Model</i>
DSR	<i>Design Science Research</i>
EFAS	<i>External Factor Analysis Summary</i>
HCI	<i>Human-computer interaction</i>
HOQ	<i>House of Quality</i>
IFAS	<i>Internal Factor Analysis Summary</i>
IIE	Introdução à Investigação em Engenharia
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
I&D	Investigação e Desenvolvimento
OME	<i>Original Equipment Manufacturer</i>
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
PDPC	<i>Process decision program chart</i>
PHP	<i>Hypertext Preprocessor</i>
QFD	<i>Quality Function Deployment</i>
SFAS	<i>Strategic Factor Analysis Summary</i>
SI	Sistemas de Informação
SWOT	<i>Strengths Weaknesses Opportunities Threats</i>
TI	Tecnologias de Informação
TQM	<i>Total Quality Management</i>
VOC	<i>Voice of Customer</i>

Capítulo 1

1. Introdução

A elaboração do relatório final para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Informática é realizada com base no trabalho executado ao longo do semestre, posterior investigação e resultados obtidos através do desenvolvimento de uma ferramenta que consolida a teoria apresentada.

Dada a atual situação económica das organizações, estas não estão em condições de desenvolver produtos e serviços que não sejam desejados pelo cliente. Sendo assim, é necessário otimizar os recursos, adotar as decisões mais vantajosas e obter os melhores resultados face aos concorrentes. De modo a auxiliar a tomada de decisões, existem metodologias que permitem a tradução das necessidades e exigências do cliente para características cada vez mais específicas da conceção do produto ou serviço.

A metodologia abordada é denominada por *Quality Function Deployment* (QFD) e que utilizada em conjunto com um modelo de normalização e priorização de ações torna-se uma ferramenta muito útil para os seus utilizadores, uma vez que devolve a percentagem de execução aconselhada com base nas relações entre objetivos a atingir e ações a desenvolver.

A maioria dos modelos de normalização e priorização de ações e suas variantes são (direta ou indiretamente) desenvolvidos com base no modelo de Wasserman (1993). Embora este modelo se apresente completo, os autores Chen & Chen (2014) introduziram melhorias no algoritmo utilizado de modo a potencializar os valores resultantes da priorização.

No tópico 3 (3. Solução proposta) é apresentado o modelo proposto de normalização e priorização de ações, desenvolvido com base no trabalho de Chen & Chen (2014), que visa introduzir flexibilidade à utilização da metodologia QFD – Figura 1. Através da introdução de do planeamento estratégico da organização, que se propõe desenvolver o produto/serviço, é possível minimizar possíveis incompatibilidades que possam surgir entre as capacidades da mesma e as necessidades e exigências do cliente. São introduzidas variáveis de negócio, que se encontram envolvidas nas diversas fases da conceção de um produto ou serviço e que podem influenciar o valor resultante da priorização. Por fim, é possível usufruir de uma

vertente quantitativa que pretende minimizar os erros de preenchimento e interpretação aquando da utilização da metodologia QFD.

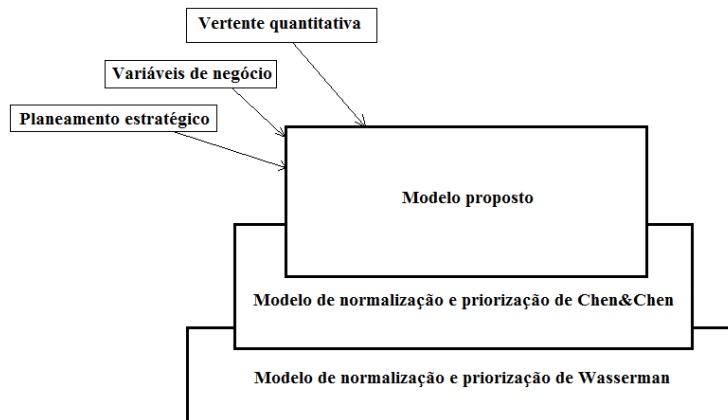


Figura 1. Evolução dos modelos

1.1. Motivação

A metodologia QFD reflete as necessidades e exigências dos clientes, sendo fortemente utilizada na indústria japonesa, fazendo com que esta se tenha tornado mais orientada aos resultados. Isto levou à obtenção de grandes vantagens face aos mercados mundiais, através da melhoria contínua (Govers, 1996) – *Kaizen*, mais eficaz que o método mais utilizado – Ações corretivas. O resultado da QFD é o reflexo de que os produtos concebidos têm de ser utilizados para traduzir as exigências dos clientes (Govers, 1996; Hauser & Clausing, 1988), caso contrário, e não existindo a combinação perfeita entre as necessidades/exigências impostas e o produto oferecido, o esforço proveniente de todos os departamentos envolvidos é em vão, pois o resultado não tem o impacto desejado junto do cliente, revelando-se assim insignificante, dado o seu objetivo inicial.

Posto isto, a principal motivação para o desenvolvimento desta dissertação sustenta-se na sobrecarga demonstrada pelos departamentos na tentativa de criar valor para o cliente, crescente frustração proveniente de reuniões infrutíferas, existência de equipas desorganizadas, envolvimento em projetos ousados e brilhantes que falharam, além de boas ideias que resultaram em fracassos (Oesterwalder et al., 2014). Através da indagação realizada o meu objetivo passa por atingir quatro pontos cruciais:

1. Alcançar a transparência
2. Organizar a equipa
3. Minorar o risco
4. Obter ganhos

1.2. Enquadramento

A QFD além de refletir as necessidades e exigências, é baseada num conceito de controlo de qualidade que foca e coordena habilidades no interior da organização, começando pelo planeamento e, posteriormente, na conceção de produtos que possuam valor para o cliente (Hauser & Clausing, 1988). A QFD assenta numa filosofia de *Total Quality Management* (TQM), totalmente orientada ao cliente ao invés da orientação ao produto (Govers, 1996), resultando numa importante ferramenta de gestão para modelar a dinâmica do processo. Permite a identificação, priorização das necessidades/exigências provenientes dos clientes e a sua transcrição para cada fase do ciclo de vida do produto (Burke et al., 2002).

Segundo Chan & Wu (2002), a implementação desta metodologia foi proposta, de modo inicial, apenas para a proceder à recolha e análise das necessidades/exigências impostas pelo cliente, sustentando o desenvolvimento de produtos com maior qualidade. Face à sua versatilidade, as funcionalidades originais (desenvolvimento de produtos, gestão da qualidade e necessidades do cliente) foram expandidas para áreas mais amplas, como o *design*, planeamento, tomada de decisão, engenharia, gestão, trabalho de equipa, tempo e custos. Não existe, portanto, um limite definido para os potenciais campos de aplicação.

1.3. Questões de investigação

- Pergunta 1: Será possível elaborar uma nova forma sistemática e quantitativa de reutilizar a metodologia QFD?
- Pergunta 2: Se esta metodologia se apresenta tão completa e útil, porque não é adotada por mais organizações? Por falta de método da equipa de topo? Por desconhecimento?

1.4. Objetivos

O objetivo da minha dissertação é a elaboração e implementação de uma metodologia flexível e quantitativa de apoio à decisão que visa facilitar o desenvolvimento de um produto ou serviço. Desse modo, apliquei conhecimentos associados ao relacionamento com os clientes, diversas formas de recolha das necessidades/exigências e metodologias *Lean*. Os seguintes pontos descrevem de forma sucinta as características relevantes que a ferramenta possui:

- Análise das necessidades/exigências provenientes dos clientes, consoante as limitações da organização (planeamento estratégico) que se propõe a desenvolver o produto/serviço.
- Correlação das necessidades/exigências posteriormente filtradas com as ações a desenvolver por parte da organização.
- Aplicação de diversas metodologias de normalização e priorização de ações.
- Concordância com as regras da ISO 16355-1:2015 - *Application of statistical and related methods to new technology and product development process* (BSI Standards, 2015).

1.5. Método de investigação

A pesquisa orientada ao *Design* possui uma longa tradição na Europa, sendo o *Design Science Research* (DSR) o paradigma de pesquisa em Sistemas de Informação (SI) dominante nos países de língua alemã (Winter, 2008) que é implementado no seio de uma organização com o objetivo de melhorar a eficácia e eficiência da mesma. Segundo Hevner et al. (2004) na área da pesquisa orientada ao *Design* existem dois paradigmas que a caracterizam: *Behavioral* (ou *Natural*) *Science* e *Design Science Research*. O *Behavioral Science* pretende desenvolver e verificar/justificar teorias que explicam ou que prevêm o comportamento humano ou organizacional. Este paradigma visa a “verdade” através da exploração e validação de relações genéricas causa-efeito (Winter, 2008). O DSR pretende estender as fronteiras das capacidades humanas e organizacionais através da criação e avaliação de novos e inovadores artefactos que visam a resolução de problemas organizacionais previamente identificados (Hevner et al., 2004). Este paradigma visa a utilidade através da construção e avaliação de relações genéricas meios-fins (Winter, 2008).

O método de investigação utilizado na elaboração da minha dissertação é o DSR, no qual apliquei uma *framework* conceptual desenvolvida pelos autores Hevner et al. (2004) e representada por *guidelines* de fácil compreensão, permitindo a realização e avaliação de um bom DSR. O DSR é definido como um paradigma que permite a execução de vários tipos de avaliações quantitativas de um artefacto de TI, entre as quais são de referir as provas de otimização, simulações analíticas e comparações quantitativas com *designs* alternativos. Estas avaliações permitem aos investigadores perceber o problema abordado pelo artefacto e verificar a sua viabilidade para a solução a que se propõe (Hevner et al., 2004), sendo possível determinar até que ponto o objetivo é alcançado através das capacidades do SI, características da organização, sistema de trabalho, pessoas e metodologias de desenvolvimento e implementação (A. Hevner & Chatterjee, 2010).

A seguinte tabela – Tabela 1 – demonstra os *guidelines* e a respetiva descrição, que quando aplicados minimizam os problemas encontrados durante da execução do DSR (Hevner et al., 2004)

Tabela 1. Guidelines e respetiva descrição
 Fonte: Hevner et al. (2004)

<i>Guideline</i>	Descrição
<i>A. Design as an Artifact</i>	DSR deve produzir um artefacto viável sob a forma de uma construção, um modelo, um método ou uma instanciação.
<i>B. Problem Relevance</i>	O objetivo da DSR é desenvolver soluções baseadas na tecnologia para problemas de negócio importantes e relevantes.
<i>C. Design Evaluation</i>	A utilidade, qualidade e a eficácia de um <i>design artifact</i> deve ser rigorosamente demonstrada através de métodos de avaliação bem executados.
<i>D. Research Contributions</i>	DSR efetivo deve fornecer contribuições claras e verificáveis nas áreas do <i>design artifact</i> , <i>foundations design</i> e/ou <i>design methodologies</i> .
<i>E. Research Rigor</i>	DSR baseia-se na aplicação de métodos rigorosos, quer ao nível da construção e da avaliação do <i>design artifact</i> .
<i>F. Design as a Search Process</i>	A pesquisa por um artefacto eficaz requer a utilização dos meios disponíveis para alcançar os fins desejados desde que satisfaçam as leis no ambiente do problema.
G. Communication of Research	DSR deve ser apresentado de forma eficaz para audiências orientadas à tecnologia e para audiências orientadas à gestão.

De seguida são enunciados alguns dos problemas minimizados (Hevner et al., 2004):

- Requisitos e restrições instáveis baseadas em contextos ambientais mal definidos.
- Interações complexas entre subcomponentes do problema.
- Flexibilidade inerente à mudança de processos e artefactos de *design*.
- Dependência crítica sobre as capacidades cognitivas humanas.
- Dependência crítica sobre as capacidades sociais humanas.

Após a definição e apresentação do método de investigação, chegou o momento de pô-lo em prática segundo o trabalho realizado:

Design as an Artifact: A ferramenta produzida implementa as funções já conhecidas da *Quality Function Deployment* (QFD), utilizada no auxílio da tomada de decisões. Esta permite identificar e priorizar as necessidades/exigências do cliente, traduzindo-as na linguagem dos engenheiros da organização em cada fase do ciclo de vida do produto/serviço

(Burke et al., 2002). A implementação tradicional é complementada com o planeamento estratégico (IFAS– *Internal Factor Analysis Summary*, EFAS – *External Factor Analysis Summary* e Estratégias) e com variáveis de negócios distintas para cada fase do planeamento do produto/serviço.

Problem Relevance: É costume as organizações aceitarem, inicialmente, determinadas necessidades/exigências do cliente para um produto/serviço e posteriormente que não são compatíveis com as capacidades dos seus colaboradores. Isto reflete-se num desperdício de tempo e dinheiro de forma a reformular a estratégia adotada. As ferramentas disponíveis, sem qualquer contrapartida económica, que se encontram atualmente no mercado e que possuem como base as ações executadas na QFD possuem limitações. Uma apenas desenha a estrutura e não realiza qualquer tipo de cálculo com os valores introduzidos, outras não possuem a vertente entre o planeamento estratégico e as necessidades/exigências do cliente. A acrescentar aos inconvenientes anteriormente referidos é possível verificar que a estrutura da metodologia levanta ainda muitos problemas relacionados com a subjetividade associada ao seu desenvolvimento.

Design Evaluation: Foram definidos dois tipos diferentes de avaliação dos resultados: Analítico, e Experimental. Começando pelo primeiro tipo de avaliação, procedeu-se à verificação das funcionalidades disponíveis e se realmente pode ser utilizado para o fim que se destina. O segundo tipo de avaliação baseia-se na elaboração de comparações entre a utilização da metodologia QFD em projetos anteriores e a nova ferramenta desenvolvida.

Research Contributions: Através do desenvolvimento desta ferramenta é possível realizar o preenchimento da QFD de uma nova forma sistemática e quantificável.

Research Rigor: A elaboração da dissertação segue as noções estabelecidas na base bibliográfica relevante para o desenvolvimento QFD, além da ISO 16355-1:2015 - *Application of statistical and related methods to new technology and product development process* (BSI Standards, 2015).

Design as a Search Process: Através da execução do planeamento estratégico é previsto que exista uma redução, ou não, das necessidades/exigências do cliente presentes no produto/serviço que não são compatíveis com as capacidades dos colaboradores. Realizar a

identificação e priorização das necessidades/exigências juntamente com as variáveis de negócio provenientes do cliente permite a redução de tempo e dinheiro numa posterior reformulação da estratégia.

Communication of Research: A elaboração da dissertação e correspondente ferramenta teve em conta qualquer tipo de leitor/utilizador. Foi elaborada com uma linguagem clara e perceptível, sendo a interface utilizada *user-friendly*.

Capítulo 2.

2. Revisão da Literatura

Inicialmente vou começar por descrever a origem da qualidade, o funcionamento da metodologia QFD com o objetivo de demonstrar a sua estrutura e forma de implementação, o planeamento estratégico e o planeamento do produto/serviço, além do Modelo de normalização e priorização dos autores Chen & Chen (2014). Por fim, são abordados os problemas reportados ao longo de diversas publicações que utilizam esta metodologia.

2.1. *Total Quality Management*

A origem da qualidade remonta aos anos trinta aquando da aplicação de cartas de controlo, concebidas por Walter Shewhart, nos laboratórios BELL (EUA). Estas cartas eram utilizadas com o propósito de indicar a presença de causas que produziam sérias divergências no funcionamento estável de um processo (Nelson, 1999).

Em 1946, no rescaldo da Segunda Guerra Mundial, é fundada no Japão a *Union of Japanese Scientists and Engineers* (JUSE). Edward Deming, após a tentativa falhada de implementar a sua perspetiva de qualidade na abastada indústria americana, viaja para o Japão, em 1950, de modo a ensinar estatística para controlo de qualidade. Deming começa por sugerir à JUSE que os problemas presentes na indústria daquele país podiam ser resolvidos através da aplicação da estatística. Ao contrário do ocorrido nos EUA, o país asiático acatou as suas ideias.

William Edwards Deming apresentou a sua perspetiva baseada na estatística, mas também na conceção de um ambiente de gestão e na busca contínua e perpétua para a melhoria em todos os aspetos, secções e atividades de uma organização (Neave, 1987). Deste modo, Deming elaborou uma lista de quatorze pontos fundamentais para a transformação (António, 2015; Neave, 1987):

1. Melhoria constante do produto ou serviços.
2. Nova filosofia de gestão.
3. Acabar com a depedência da inspeção em massa.
4. O negócio deixar de ser encarado como base exclusiva do preço.
5. O sistema de produção e prestação de serviços deve ser melhorado continuamente.

6. Formação institucionalizada.
7. Liderança deve ser adotada e instituída.
8. O medo deve ser abolido.
9. As barreiras entre departamentos devem ser abolidas.
10. Slogans, exortações e objetivos dirigidos à força de trabalho, devem ser eliminados.
11. Quotas numéricas dirigidas à força de trabalho e objetivos numéricos à gestão, devem ser acabados.
12. Barreiras que retiram às pessoas orgulho no seu trabalho devem ser eliminadas.
13. Educação e estudo encorajados.
14. Iniciar ações imediatas para se dar a transformação.

Posteriormente, Joseph Juran é convidado para seminários onde defende que o planeamento, controlo e melhoria da qualidade devem ser realizados.

Assente na teoria demonstrada por Deming e Juran, foi implementada uma perspectiva de “prevenção ao invés da deteção” que garantiu ao Japão a sobrevivência no mercado mundial após a Segunda Guerra Mundial. Posto isto, foi necessário aplicar uma estrutura adequada para o desenvolvimento da gestão da qualidade. Esta estrutura foi denominada por TQM e une um “processo de trabalho funcional a uma filosofia de qualidade para as organizações que visam o crescimento e a sobrevivência” (Kanji, 1990). De seguida, são enunciados os oito princípios relativos à gestão da qualidade (António, 2015):

1. Foco no consumidor
2. Liderança
3. Envolvimento das pessoas
4. Abordagem por processo
5. Gestão como um sistema (sistémica)
6. Melhoria constante
7. Tomada de decisões baseada em factos
8. Relação mutuamente beneficiária com os fornecedores

Deste modo, é possível concluir que a qualidade pode ser associada a um processo de melhoria contínua, habitualmente conhecido como *Kaizen*, embora tenha a sua origem associada ao ciclo de *Deming* (Kanji, 1990). O ciclo de *Deming* é representado por um movimento contínuo numa dada direção – Figura 2, onde é necessário planear (*Plan* – P) o

processo que se deseja realizar para um determinado espaço temporal. De seguida, é executado (*Do* – D) o processo e é recolhida a informação no formato apropriado. Após a execução é realizada a verificação (*Check* – C) dos resultados provenientes do processo, de modo a assegurar a existência de uma forte ligação entre o que foi planeado e executado. A última etapa do ciclo é onde se realiza a ação (*Act* – A) e se avaliam os planos futuros (Anjard, 1995; Kanji, 1990; Van Ho, 2011). Contudo foram reportados alguns problemas na execução deste ciclo, entre os quais a ausência de ferramentas que contribuíssem para o planeamento (Anjard, 1995).

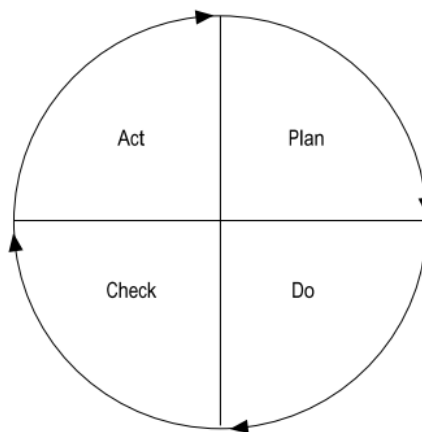


Figura 2. Ciclo de Deming (PDCA)
Fonte: Anjard (1995)

Hoje em dia existem inúmeras ferramentas que contribuem para o progresso da qualidade, estas são de tal forma benéficas e preponderantes que sustentam a filosofia TQM (Anjard, 1995).

2.2. Sete ferramentas de gestão e planeamento

As seguintes ferramentas apresentadas compõem as sete ferramentas de gestão e planeamento, de salientar que estas não visam substituir as técnicas mais utilizadas (fluxograma, diagramas de pareto, diagramas de causa/efeito, histogramas, entre outros), mas sim atuarem como um complemento.

1. *Affinity diagrams*: Útil na categorização e organização de ideias/opiniões/problemas baseando-se na similaridade implícita – Figura 3 (Anjard, 1995; Shafer et al., 2005).

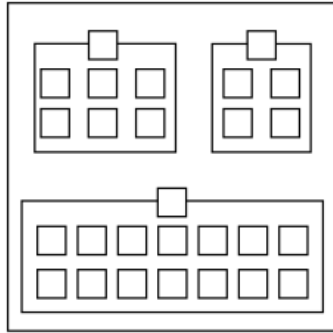


Figura 3. *Affinity diagram*
Fonte: Anjard (1995)

2. *Interrelationship “digraph”*: Possibilita a identificação sistemática, análise e classificação de relações causa/efeito existentes entre problemas. Promove o pensamento em múltiplas direções, ao invés do pensamento linear – Figura 4 (GOAL/QPC, 1995; Mazur, 1993).

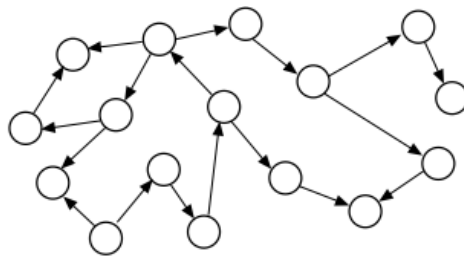


Figura 4. *Interrelationship “digraph”*
Fonte: Anjard (1995)

3. *Tree diagram*: Viabiliza o mapeamento sistemático cada vez mais detalhado dos diferentes caminhos e tarefas necessárias para atingir um ou mais objetivos (Anjard, 1995). Proporciona aos seus utilizadores a expansão do pensamento ao criar soluções, sem quebrar o foco nos objetivos – Figura 5 (GOAL/QPC, 1995).

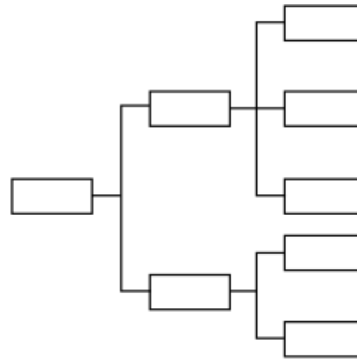


Figura 5. *Tree diagram*
 Fonte: Anjard (1995)

4. *Matrix diagram*: Exibe a correlação entre cada item/objetivo/ação, permitindo que a equipa possa identificar, analisar e avaliar a força das relações entre dois ou mais elementos. Possibilita a distribuição uniforme de tarefas e ajudam a equipa a obter um acordo, sobre as decisões a tomar, que se reflete na decisão final – Figura 6. A *L-shaped matrix* é considerada a estrutura mais utilizada (GOAL/QPC, 1995).

	a	b	c	d	e	f	g	h
1								
2								
3								
4								
5								
6								

Figura 6. *Matrix diagram*
 Fonte: Anjard (1995)

5. *Priorization matrices*: Realiza a priorização de tarefas, objetivos ou ações baseando-se em critérios e pesos ponderados – Figura 7. Esta ferramenta apresenta-se como uma combinação entre o *Tree diagram* e a *Matrix diagram*, tornando as opções mais concretas e eficazes (Anjard, 1995). Força a equipa a concentrar-se nas melhores opções a realizar e não em tudo o que podem executar, resultando no aumento das hipóteses de sucesso. Por intermédio dos diversos critérios e pesos resultantes desta matriz, é reduzida a probabilidade de ser adotado um “projeto de estimação” de algum elemento da equipa (GOAL/QPC, 1995).

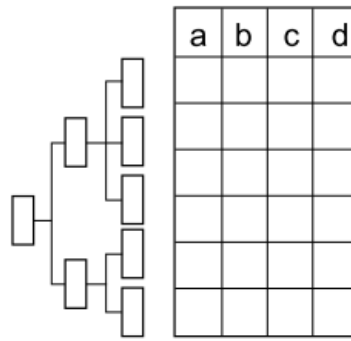


Figura 7. *Priorization matrix*

Fonte: Anjard (1995)

6. *Process decision program chart* (PDPC): Analisa as potenciais falhas de novos processos e/ou serviços (Mazur, 1993) – Figura 8. Esta ferramenta é utilizada na implementação de planos de contingência e resume-se a cinco passos (GOAL/QPC, 1995):

1. Reunião com a equipa de implementação;
2. Determinação das etapas de implementação propostas;
3. Definição de reações possíveis e razoáveis para cada problema;
4. Indicação de ações defensivas mais eficazes e elaboração de um plano.

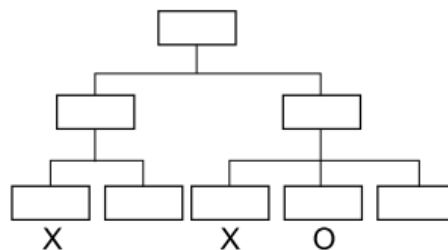


Figura 8. *Process decision program chart*

Fonte: Anjard (1995)

7. *Activity network diagram*: Planeia a calendarização mais apropriada para cada tarefa e subtarefas associadas – Figura 9. É definido o tempo de conclusão plausível das tarefas, além da monitorização das mesmas (Anjard, 1995). Em suma, esta ferramenta permite que se possa determinar o caminho mais eficiente e realista para a conclusão das tarefas (GOAL/QPC, 1995).

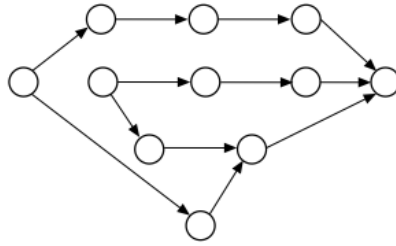


Figura 9. *Activity network diagram*
Fonte: Anjard (1995)

2.3. *Quality Function Deployment*

A *Quality Function Deployment* (QFD) é uma metodologia estruturada que utiliza as sete ferramentas de gestão e planejamento para identificar e priorizar as necessidades/exigências dos clientes e transformá-las em partes cada vez mais precisas do produto final, de forma otimizada e geradora de resultados plausíveis.

A qualidade e a confiabilidade do produto são determinadas nas fases iniciais do processo de desenvolvimento, fases essas que incluem o desenvolvimento da QFD (Govers, 1996).

2.3.1. *House of Quality*

A metodologia QFD é representada através da existência de uma ou várias *House of Quality* (HoQ) e esta é sustentada por apenas duas expressões fundamentais: Objetivos e Ações. Cada HoQ possui itens distribuídos por linhas que são associados aos objetivos e itens distribuídos por colunas que compõem as ações a executar pela organização para atingir os objetivos (Burke et al., 2002) – Figura 10. A HoQ é uma espécie de mapa conceitual que fornece os meios para o planejamento e comunicação interfuncional, fazendo com que os colaboradores de uma organização possam debater as prioridades do projeto (Hauser & Clausing, 1988).

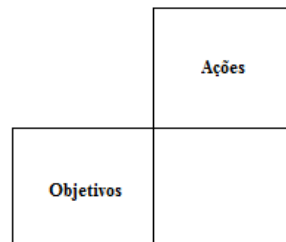


Figura 10. Posição das ações e objetivos na HoQ

A elaboração da primeira HoQ começa através do contacto com o cliente, cujas necessidades/exigências são recolhidas através de metodologias já existentes, como *brainstorming*, entrevistas, questionários, relatórios e observação. Esta fase é a mais difícil de concretizar, pois o objetivo é definir o que o cliente realmente quer e não o que nós pensamos que ele queira (Govers, 1996). Após o tratamento da informação por parte de engenheiros do *design*, estas compõem um novo grupo de itens que resumem os principais objetivos que o produto/serviço tem de atingir, são denominados por Características do cliente. Entre as várias Características do cliente que estão disponíveis, nem todas são provenientes do utilizador final, há que ter em conta os que são obrigatórios e impostos por terceiros, como entidades reguladoras (ex: ambiente e comunicações) (Govers, 1996).

Tendo os primeiros objetivos definidos, a organização necessita de ações que sejam executadas para satisfazer as Características do cliente. Para tal, o próximo passo é converter as Características do cliente para a linguagem dos engenheiros (Hauser & Clausing, 1988). As conversões são intituladas por Características de engenharia e têm como objetivo afetar uma ou mais Características do cliente e devem ser o mais mensuráveis possível, de forma a fornecer mais oportunidades de análise e otimização (Govers, 1996). Caso uma Característica de engenharia não afete nenhuma Característica do cliente, esta pode ser redundante ou existir a probabilidade de se ter perdido alguma das Características do cliente.

2.3.2. Interligação das HoQ

O processo da metodologia QFD pode terminar na primeira HoQ. Embora, de modo a acompanhar e desenvolver um produto/serviço eficiente é necessário aplicar esta metodologia não só na primeira fase, mas sim ao longo de todo o seu ciclo.

A denominação das diversas fases está dependente do seu utilizador e do propósito com que a utiliza, sendo habitual a subdivisão em quatro fases distintas. Na qual, cada fase possui Objetivos e Ações que diferem entre si – Tabela 2. A Figura 11 demonstra a sequência das HoQ.

Tabela 2. Fases da HoQ na metodologia

HoQ	Objetivos	Ações
Fase 1	Caraterísticas do cliente	Caraterísticas de engenharia
Fase 2	Caraterísticas de engenharia	Caraterísticas de peças
Fase 3	Caraterísticas de peças	Operações chave do processo
Fase 4	Operações chave do processo	Requisitos de produção

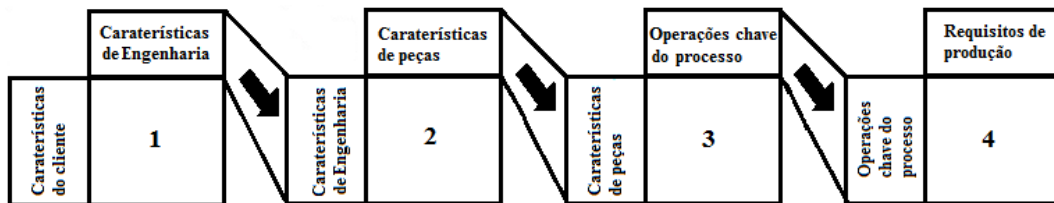


Figura 11. Sequência das fases da HoQ na metodologia

Fonte: Hauser & Clausing (1988)

Como é possível visualizar através da Figura 11, as declarações ou frases que são utilizadas como Ações na fase anterior transitam para a próxima em forma de Objetivos, juntamente com alguns dados que são utilizados como valores de entrada na seguinte fase. Na Fase 1 a importância relativa das Caraterísticas do cliente é apurada através da comunicação da equipa com cliente, nas próximas fases (2, 3 e 4) as importâncias relativas surgem com base nos valores resultantes da priorização presentes na HoQ anterior. Este tipo de sequência compõe a *Continuous QFD* referida na ISO 16355-1:2015 - *Application of statistical and related methods to new technology and product development process* (BSI Standards, 2015).

Como referido anteriormente, existem dados da HoQ anterior que transitam para a próxima HoQ. Estes dados são referentes aos itens das Ações e respetivas prioridades que são determinadas com base nas intercorrelações entre os Objetivos e as Ações e intracorrelações observadas entre os próprios Objetivos e as próprias Correlações. A próxima subsecção aborda ambos os tipos de correlação.

2.3.3. Intercorrelações e intracorrelações

Após a identificação e escolha dos vários elementos, é necessário preencher a HoQ. Esta HoQ de correlação entre os Objetivos e as Ações, que diferem ao longo das fases, vai indicar o quanto se afetam mutuamente. A equipa do projeto, juntamente com o cliente, procura encontrar um consenso sobre os valores referentes às correlações, recorrendo à sua experiência, respostas dos clientes, relatórios estatísticos e experiências controladas (Chan & Wu, 2005; Hauser & Clausing, 1988). A representação destes valores é efetuada com recurso a símbolos, de forma a representar os diferentes valores referentes a cada correlação entre dois fatores. Relativamente à escolha da escala dos valores numéricos correspondentes aos símbolos utilizados, existe uma grande variedade utilizada pelos diversos autores (Burke et al., 2002; Govers, 1996; Hauser & Clausing, 1988), acabando por decidir qual a melhor a aplicar com o objetivo de transmitir a forma mais intuitiva e funcional da relação entre dois fatores. A Figura 12 representa a posição das intercorrelações na HoQ que vai ser utilizada.

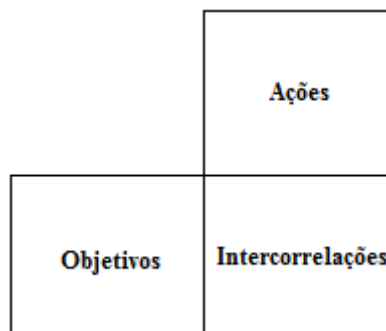


Figura 12. Posição das intercorrelações na HoQ

Existem duas outras áreas onde é possível verificar a intracorrelação entre: os próprios Objetivos (triângulo situado no lado esquerdo) e as próprias Ações (triângulo situado no topo) (Chan & Wu, 2005; Hauser & Clausing, 1988). A Figura 13 representa a posição das intracorrelações na HoQ.

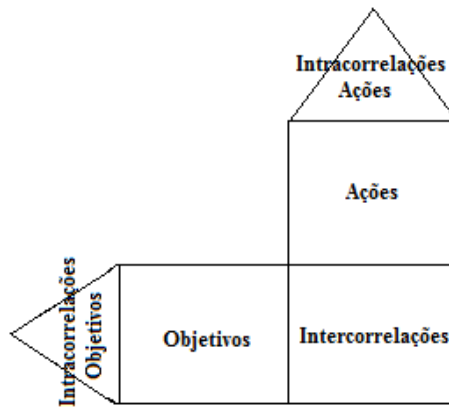


Figura 13. Posição das intracorrelações na HoQ

Tendo sido preenchida a HoQ, pela organização e pelo cliente, com as devidas intercorrelações e intracorrelações, é necessário manipular os valores introduzidos de modo a resultar numa sequência de ações prioritizadas, para posterior execução. Para que tal seja possível, após o preenchimento da HoQ é gerada uma matriz que dá entrada num algoritmo de priorização e posteriormente resulta numa matriz de saída que possui as ações prioritizadas e as importâncias finais dos objetivos – Figura 14.

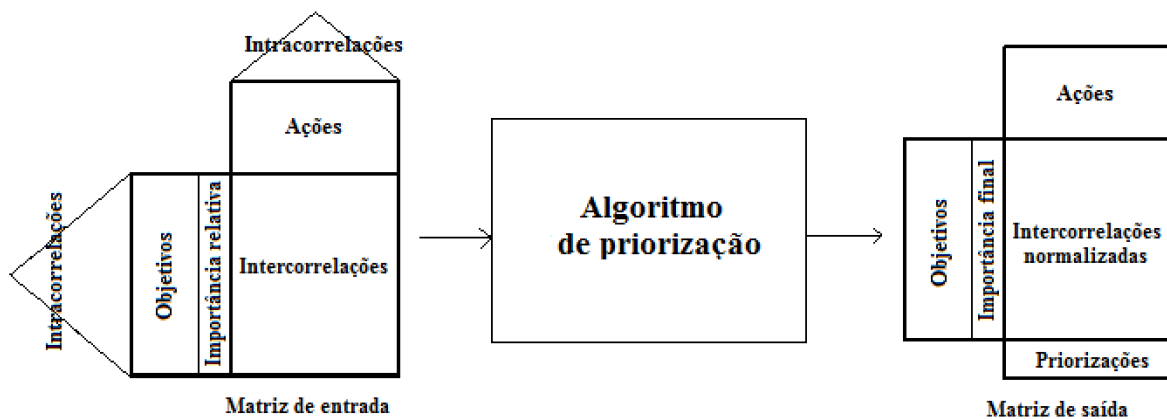


Figura 14. Ação do algoritmo de priorização na metodologia QFD

2.4. Algoritmo de priorização

Como já é conhecido, a QFD realiza a transferência de diversos conjuntos de informação (itens das Ações e respectivas prioridades) através das suas fases com o intuito de promover a conversão desses conjuntos em outros dotados de mais particularidades – Figura 15. No sentido de proceder a essa transferência o próximo passo, que deve ser realizado

apenas pela organização, consiste na definição de qual a sequência de prioridades de execução das ações para cumprir os objetivos.

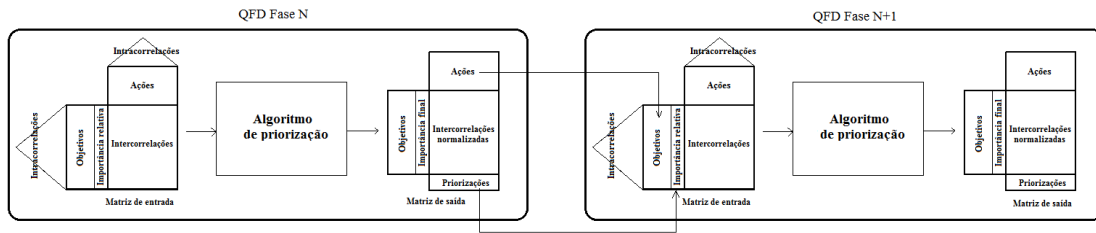


Figura 15. Transferência do conjunto de informação

O modelo debatido na próxima subsecção foi desenvolvido pelos autores Chen & Chen (2014) que visam melhorar o modelo de normalização e priorização implementado por Wasserman (1993).

2.4.1. Modelo de normalização e priorização de Chen & Chen

Segundo Chen & Chen (2014) a priorização das ações a desenvolver durante o projeto é fundamental para determinar a distribuição de recursos em cada fase da concepção do produto/serviço, esta atividade é executada por intermédio da metodologia QFD.

Normalmente a HoQ é definida pela equipa do projeto como uma matriz de relações, no qual a proporção relacional é assinalada através do grau de impacto das ações a desenvolver sobre cada objetivo. Este grau é medido por meio de um sistema de pontos (exemplo: 1-3-9 ou 1-5-9) representativo da força de relacionamento (exemplo: fraco-médio-forte) – Figura 16.

Este exemplo apenas foca a fase 1 da HoQ (Caraterísticas do cliente vs. Caraterísticas de Engenharia) e foram definidas as seguintes Caraterísticas do cliente: *Dexterous control*, *High torque*, *High horsepower*, *Long-distance racing ability*, *Balanced structure*, bem como as seguintes Caraterísticas de Engenharia a desenvolver: *Steering mechanism*, *Torque*, *Horsepower*, *Battery capacity*, *Volume of fuel tank*, *Fuel efficiency*, *Total weight*.

QFD – Ferramenta de apoio à decisão

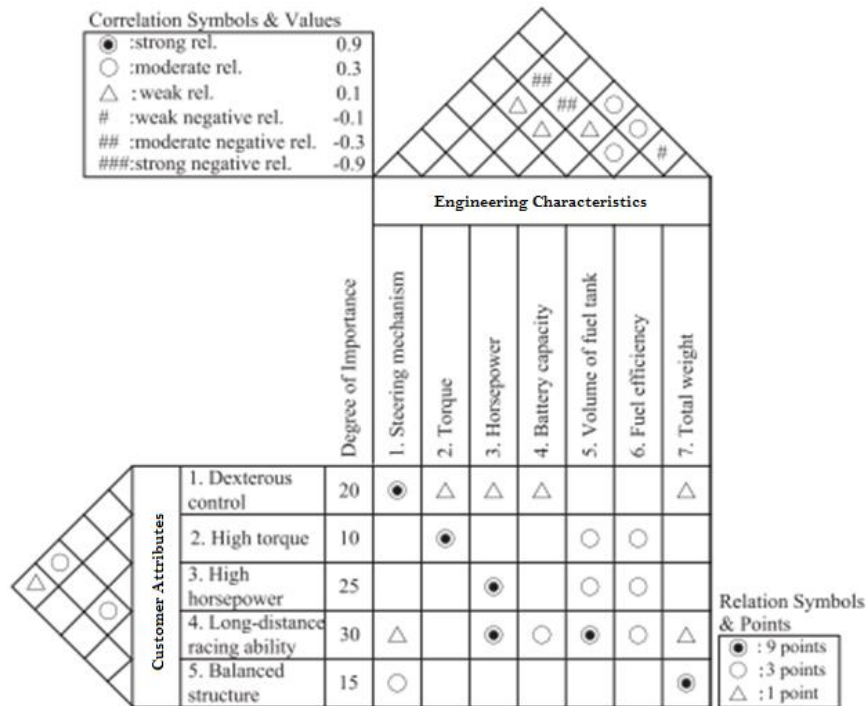


Figura 16. Matriz QFD de entrada da fase 1

Fonte: Chen & Chen (2014)

Tendo a matriz de entrada preenchida – Figura 16 – esta é processada pelo algoritmo de normalização e priorização, como demonstra a Figura 14.

Antes de se proceder à realização do cálculo da prioridade é imperativo efetuar a normalização dos valores presentes na matriz central de intercorrelações e dos valores da importância relativa dos objetivos. Os novos valores normalizados da intercorrelação e da importância final encontram-se na matriz de saída do algoritmo, assim como os valores da priorização das ações.

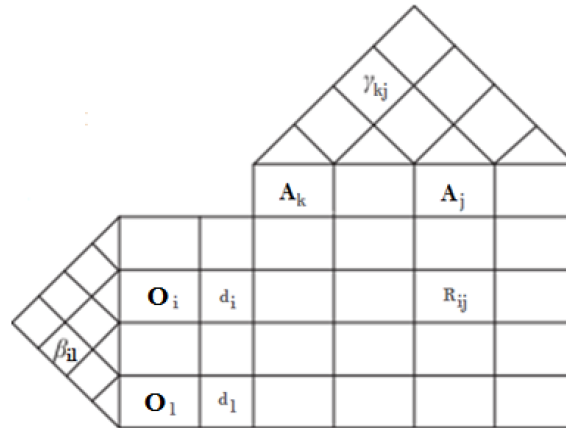


Figura 17. Estrutura auxiliar para a normalização
Fonte: Chen & Chen (2014)

A equação (1), permite a normalização dos valores da matriz de intercorrelação ao longo das linhas, dos valores $R_{i,j}$ tendo em conta a dependência ($\gamma_{k,j}$) entre a Caraterística de engenharia j e todas as outras Caraterísticas de engenharia, $k_{[1...n]}$, presentes no triângulo situado no topo da HoQ – Figura 17. De frisar que o $\gamma_{k,j}$ quando o $k = j$ possui o valor 1, ou seja, a correlação entre ele próprio é representada pelo valor máximo de correlação das ações $(0.9) + 0.1$ – ver legenda da Figura 16.

Por outras palavras, os valores da matriz de entrada que se encontram na posição das intercorrelações (correlações entre Objetivos e as Ações) são normalizados com base neles próprios – $R_{i,j}$ – e nas intracorrelações entre as ações – $\gamma_{k,j}$ – resultando num novo valor – $R'_{i,j}$.

$$R'_{i,j} = \frac{(\sum_{k=1}^n \gamma_{k,j}) \cdot R_{i,j}}{\sum_{j=1}^n (\sum_{k=1}^n \gamma_{k,j}) \cdot R_{i,j}} \quad (1)$$

O resultado da $R'_{i,j}$ – equação (1) – quando colocado na matriz de saída do algoritmo permite a visualização de quanto uma Caraterística de engenharia j vai completar a Caraterística do cliente i – Figura 18. É de frisar que cada Caraterística de engenharia segmenta a Caraterística do cliente, mas o somatório da linha normalizada é sempre igual a 1.

			1. Steering mechanism						
			2. Torque						
			3. Horsepower						
			4. Battery capacity						
			5. Volume of fuel tank						
			6. Fuel efficiency						
			7. Total weight						
5. Balanced structure	15	12.2	0.18						0.82

Figura 18. Linha normalizada
 Fonte: Chen & Chen (2014)

Considerando a intracorrelação entre cada par de Caraterísticas do cliente é possível obter o seguinte modelo para o cálculo da importância final de cada Caraterística do Cliente i – d'_i – equação (2) – onde $\beta_{i,l}$ corresponde à dependência entre a Caraterística do cliente i e todas as outras Caraterísticas do cliente, $l_{[1...m]}$, presentes no triângulo situado do lado esquerdo da HoQ. De frisar que o $\beta_{i,l}$ quando o $i = l$ possui o valor 10, ou seja, a correlação entre ele próprio é representada pelo valor máximo de correlação das Caraterística do cliente $(9) + 1$ – ver legenda da Figura 16. Por fim, a d_i que representa a importância relativa da Caraterística do cliente i .

$$d'_i = \frac{(\sum_{l=1}^m \beta_{i,l}) \cdot d_i}{\sum_{i=1}^m (\sum_{l=1}^m \beta_{i,l}) \cdot d_i}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

Aplicando as equações (1) e (2), do algoritmo de priorização, à Figura 16 é possível obter uma matriz de saída totalmente normalizada, ainda sem a presença da prioridade – Figura 19. De realçar que a figura original, presente na publicação de Chen & Chen (2014), da matriz de saída do algoritmo de priorização foi modificada pois foram detetados erros nos cálculos, além de arredondamentos inconsistentes.

		Engineering Characteristics								
		Degree of Importance-Original	Degree of Importance-with Correlation	1. Steering mechanism	2. Torque	3. Horsepower	4. Battery capacity	5. Volume of fuel tank	6. Fuel efficiency	7. Total weight
Customer Attributes	1. Dexterous control	20	20.7	0.67	0.06	0.06	0.10			0.11
	2. High torque	10	7.4		0.49			0.37	0.14	
	3. High horsepower	25	24.1			0.49		0.37	0.14	
	4. Long-distance racing ability	30	35.6	0.03		0.22	0.13	0.50	0.07	0.05
	5. Balanced structure	15	12.2	0.18						0.82

Figura 19. Matriz QFD de saída da fase 1 sem as priorizações
 Fonte: Chen & Chen (2014)

Após a presença de todos os valores necessários, procede-se ao cálculo da prioridade w'_j – equação (3) – de cada Caraterística de engenharia j que é determinada através da importância final d'_i de cada Caraterística do cliente i (onde o $\sum d'_i = 100$) e da correlação normalizada R'_{ij} entre a Caraterística do cliente i e a Caraterística de engenharia j – Figura 20.

$$w'_j = \sum_{i=1}^m d'_i \cdot R'_{i,j} \quad (3)$$

		Engineering Characteristics								
		Degree of Importance-Original	Degree of Importance-with Correlation	1. Steering mechanism	2. Torque	3. Horsepower	4. Battery capacity	5. Volume of fuel tank	6. Fuel efficiency	7. Total weight
Customer Attributes	1. Dexterous control	20	20.7	0.67	0.06	0.06	0.10			0.11
	2. High torque	10	7.4		0.49			0.37	0.14	
	3. High horsepower	25	24.1			0.49		0.37	0.14	
	4. Long-distance racing ability	30	35.6	0.03		0.22	0.13	0.50	0.07	0.05
	5. Balanced structure	15	12.2	0.18						0.82
Relative Design Weight				17.1	4.8	21	6.8	29.5	6.8	14
Design Prioritization				3	7	2	6	1	5	4

Figura 20. Matriz normalizada com prioridade

Fonte: Chen & Chen (2014)

Assim sendo, a execução das ações deve ser realizada pela seguinte ordem:

Volume of fuel tank (29.5%), *Horsepower* (21%), *Steering mechanism* (17.1%), *Total weight* (14%), *Fuel efficiency* (6.8%), *Battery capacity* (6.8%) e por fim, *Torque* (6.8%).

Através deste pequeno exemplo é possível verificar a utilidade da metodologia QFD que em conjunto com um algoritmo de priorização torna possível realizar a escolha mais vantajosa face às diversas Características de engenharia a executar.

Nesta subsecção este modelo de normalização e priorização é apenas aplicado à primeira das quatro fases da metodologia QFD, embora seja possível aplicar às restantes adotando o mesmo procedimento.

A utilização conjugada entre a metodologia QFD e o algoritmo de normalização e priorização encontra-se totalmente apresentada. A simples implementação não garante o total sucesso da mesma, deste modo, é necessário criar as condições favoráveis. Antes da utilização da metodologia é essencial realizar o planeamento do produto/serviço, identificar e categorizar corretamente os diversos tipos de clientes envolvidos e reunir as suas necessidades e exigências através de diferentes técnicas.

2.5. Planeamento do produto ou serviço

Segundo Juran & Godfrey (1998) a execução do planeamento de qualidade passa pela utilização de diversas metodologias e técnicas de modo a mitigar cada lacuna que possa surgir, garantindo a existência de qualidade no produto final. A seguinte figura – Figura 21 – retrata a alto nível as diversas etapas básicas a realizar, desde a definição do projeto até à transferência do produto para o cliente.

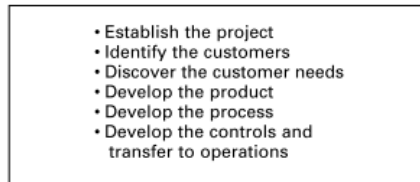


Figura 21. Etapas do planeamento de qualidade
Fonte: Juran & Godfrey (1998)

Em primeira instância, e seguindo as etapas referidas na figura, procede-se à definição do projeto, na qual são gerados objetivos claros. O próximo passo resume-se à identificação sistemática de todos os clientes diretamente e indiretamente envolvidos. Tendo sido elaborada uma lista dos clientes, é necessário avançar para a descoberta das suas necessidades. As etapas anteriores melhoram a probabilidade de sucesso da metodologia QFD, pois as condições para a sua utilização já se encontram mais completas.

As restantes etapas que se encontram na Figura 20 são executadas através da metodologia QFD anteriormente abordada.

2.5.1. Definição do projeto

Normalmente a partir da definição do projeto é possível criar produtos novos ou atualizados que são necessários para atender às necessidades dos clientes, cumprir determinações legais ou simplesmente para tirar proveito de uma nova tecnologia. Deste modo, a definição do projeto realizada pela gestão de topo deve passar pela execução das seguintes funções-chave (Juran & Godfrey, 1998):

- Estabelecimento de metas de qualidade – Identificação de oportunidades e necessidades para melhorar a qualidade e estabelecer as metas estratégicas para a organização.

- Escolha da equipa – São escolhidos os elementos que vão constituir a equipa de trabalho, uma abordagem *cross-functional* pode instituir diversas vantagens, tais como: partilha de ideias e experiências, conhecimento mais profundo em determinadas fases, além da promoção para a aceitação do plano de qualidade baseado na presença de vários elementos de diversos departamentos.
- Apoiar a equipa do projeto – Proporcionar educação e formação nas ferramentas a utilizar, fornecer um facilitador com experiência para que possa solucionar problemas pontuais em tempo útil, avaliar a equipa, identificar e ajudar a solucionar problemas entre elementos da equipa, colocar ao dispor da equipa todos os recursos necessários, além de comunicar os resultados do projeto.

A próxima etapa passa por proceder à identificação de quem são os clientes e compreender as suas necessidades e exigências.

2.5.2. Identificação dos clientes

“Esta etapa pode parecer desnecessária”, para Juran & Godfrey (1998) a identificação dos clientes pode ser considerada por alguns críticos como desnecessária, mas será mesmo? Os clientes são compostos um grupo extenso de elementos que precisam de ser identificados e posteriormente analisados.

Perante a utilização constante da palavra “cliente”, que tanto pode referir-se a uma organização ou apenas uma pessoa, é necessário segmentá-la com o objetivo de alcançar especificamente o que é indispensável no planeamento e produção. Existem muitos tipos de cliente, uns que são facilmente identificados, outros que apenas surgem na reta final e obrigam a mudanças acentuadas, resultando numa perda de tempo e dinheiro. Face a estes tipos de cliente, que se encontram “camuflados”, esta secção vai abordar o processo de identificação dos mesmos. De seguida é exposta uma lista das principais categorias utilizadas no auxílio desta tarefa (Juran & Godfrey, 1998):

- O comprador – Alguém que compra o produto para si ou para outra pessoa.
- O utilizador final – O indivíduo que beneficia com o produto.
- O comercial – A pessoa que compra o produto para revenda.

- O transformador – Alguém que utiliza o produto ou o *output* resultante como *input* do seu próprio produto.
- O fornecedor – O indivíduo que contribui para o processo.
- O fabricante do equipamento original (OME) – A pessoa que compra um produto para incorporar no seu próprio produto.
- O cliente potencial – Alguém que neste momento não utiliza o produto, mas que com um determinado incentivo seja capaz de começar a utilizar.
- O cliente oculto – O indivíduo que é facilmente ignorado porque não afeta diretamente o produto. Os reguladores, os média, críticos, entre outros.

Após a devida identificação dos diversos clientes que possuem importância significativa para a inclusão de um requisito seu no projeto, é necessário prosseguir para os diversos métodos de recolha das necessidades/exigências.

2.5.3. Recolha das necessidades/exigências

Antes de iniciar esta secção é importante relembrar a diferença entre necessidades/exigências e as Características do cliente. Os primeiros são compostos por informações em bruto recolhidas diretamente do cliente e sem qualquer tipo de tratamento. Por outro lado, as Características do cliente são definidas como os elementos, devidamente filtrados, que estão presentes na QFD na fase 1.

Existem inúmeras técnicas para a recolha das necessidades/exigências, fazendo com que esta se torne numa área muito vasta e de entendimento facilitado. Após a leitura e análise do trabalho de Oesterwalder et al. (2014), este assume seis técnicas simplificadas para obter um conhecimento profundo dos clientes:

- O detetive de dados – Utiliza fontes de informação disponíveis como rampa de lançamento para começar a compreender o cliente, a partir da sua secretária. É essencial realizar uma pesquisa de tendências no Google, relacionadas com o cliente. Analisar dados de Censos do Governo, Banco Mundial, além de relatórios de terceiros. É indispensável a análise das redes sociais, relações com outros clientes e prospeção de dados. Esta técnica apresenta-se como uma excelente base para mais pesquisa, infelizmente são utilizados dados estáticos de um contexto diferente.

- O jornalista – Fala com os clientes de modo a obter uma percepção dos mesmos. Em primeira instância é criado um perfil do cliente e as perguntas elaboradas são baseadas nesse perfil, ou seja, isto conduz a que clientes diferentes possuam entrevistas completamente distintas. Durante a realização da entrevista é necessário registar todos os itens fulcrais, que são muitos úteis aquando da procura de padrões. É necessário realçar que realizar boas entrevistas é como uma arte e é necessário que o entrevistador se concentre em revelações que interessam ao cliente, em vez de tentar apresentar-lhe soluções. Esta técnica apresenta-se como uma forma rápida e barata de começar com a aprendizagem e reflexão, infelizmente há que ter em conta a probabilidade de contradição entre as palavras dos clientes e as suas ações no mundo real.
- O antropólogo – Observa os clientes no mundo real para obter um bom conhecimento sobre a forma como realmente se comportam. O antropólogo pode realizar dois tipos de abordagem B2B e B2C, relativamente à abordagem B2C é possível que se junte à família do cliente, observando e participando nas suas rotinas, quer seja em trabalho ou em lazer. A abordagem B2B distingue-se através do trabalho lado a lado com o cliente durante alguns dias de trabalho. Esta técnica apresenta-se como uma fonte de dados que fornecem uma visão imparcial face aos comportamentos dos clientes, infelizmente torna-se difícil obter um conhecimento relativo às novas ideias dos clientes.
- O ator – Faz-se passar pelo cliente e utiliza ativamente produtos e serviços. É necessário interpretar as duas facetas, cliente satisfeito e insatisfeito. Esta técnica apresenta-se como uma experiência em primeira mão dos objetivos, infelizmente nem sempre é representativo dos verdadeiros clientes.
- O cocriador – Integra os clientes no processo de criação dos objetivos para aprender com eles, através da exploração e do desenvolvimento de novas ideias. Infelizmente pode não ser generalizável a todos os clientes e segmentos.
- O cientista – Faz com que os clientes participem numa experiência e assim aprendam com o resultado da mesma. Esta técnica apresenta-se como uma fonte de conhecimento baseado em factos sobre um comportamento no mundo real, existe mais

facilidade na aplicação desta técnica para novas ideias. Infelizmente pode ser difícil de aplicar nas empresas já existentes devido as políticas rigorosas e diretrizes.

Tendo sido apresentadas seis formas de entender a perspectiva do cliente é essencial que seja utilizada uma combinação equilibrada das mesmas com o objetivo de atingir um entendimento profundo do nosso cliente (Oesterwalder et al., 2014).

A empresa que se propõe planejar e desenvolver o novo produto ou serviço nem sempre possui as capacidades necessárias para atender a todas as necessidades/exigências do cliente. Com o objetivo de apenas proceder à aceitação de itens que estejam diretamente dentro da sua estratégia é aconselhada a realização de um planeamento estratégico que inclui a execução da análise estratégica, seguida da elaboração dos itens pertencentes à estratégia.

2.6. Planeamento estratégico

O planeamento estratégico está associado às preocupações com o desenvolvimento da missão, visão e estratégia (Davidovic & Jovanovic, 2012).

A análise estratégica é definida como um processo de pesquisa sobre o ambiente de negócio da organização e onde a mesma opera, de modo a formular a estratégia e consequentemente o planeamento estratégico. Existem diversas definições referentes a esta análise, contudo é possível definir alguns traços comuns como a identificação e avaliação de dados relevantes para a formulação estratégica e a definição do ambiente externo e interno a ser analisado. Deste modo, foram desenvolvidas diversas técnicas que tendem a auxiliar o utilizador, tais como a análise SWOT, SFAS, PEST ou as Cinco forças de Porter (Downey, 2007).

A utilização destas ferramentas analíticas está diretamente associada a um benefício esperado que permite a tomada de uma ou mais decisões. É necessário salientar que a correta utilização das mesmas, só se torna possível quando existe um envolvimento total da gestão de topo, associado a um fornecimento de tempo e formação necessária (Downey, 2007).

A estratégia assume um papel fundamental nas organizações, de tal forma que mesmo um concorrente maior e mais poderoso pode ser ludibriado com recursos às capacidades estratégicas (Davidovic & Jovanovic, 2012).

De seguida são abordadas algumas das técnicas de análise estratégica anteriormente referidas.

2.6.1. SWOT

A análise SWOT é interpretada como uma análise que se destaca pela simplicidade e que ajuda a compreender os pontos fortes, pontos fracos, as oportunidades e as ameaças envolvidas na atividade do projeto ou negócio (Downey, 2007). Os pontos fortes e fracos são identificados através da avaliação interna, na qual são examinados todos os aspetos que abrangem a organização, como o pessoal, instalações, localização, produtos e serviços. As oportunidades e ameaças são, por sua vez, identificadas através da avaliação externa que analisa o ambiente político, económico, social, tecnológico e competitivo (Dyson, 2004).

Este tem sido o tipo de análise mais utilizado, sendo diversas vezes referido como análise estratégica embora seja apenas uma das diversas técnicas possíveis, no entanto, apresenta diversas desvantagens. A presença de apenas um nível de análise, a ausência de pesos para refletir as importâncias e elaboração de longas listas provocada pela presença de ambiguidade nas frases, são alguns dos principais problemas reportados (Davidovic & Jovanovic, 2012).

2.6.2. IFAS, EFAS, SFAS

A origem desta análise está diretamente relacionada com os problemas encontrados aquando da utilização da análise SWOT. O Internal Factors Analysis Summary (IFAS) – Figura 22 – e o External Factors Analysis Summary (EFAS) – Figura 23 – quando utilizados em conjunto são uma poderosa técnica de análise estratégica e constituem assim o Strategic Factors Analysis Summary (SFAS) – Figura 24 (Davidovic & Jovanovic, 2012).

QFD – Ferramenta de apoio à decisão

IFAS – Internal Factors Analysis Summary				
		Weight	Rating	Weighted Score
Strengths	S1	0.16	3	0.49
	S2	0.18	3	0.53
	S3	0.23	4	0.91
Weaknesses	W1	0.23	2	0.46
	W2	0.20	4	0.81
			Total	3.20

Figura 22. Estrutura IFAS

EFAS – External Factors Analysis Summary				
		Weight	Rating	Weighted Score
Opportunities	O1	0.23	3	0.69
	O2	0.20	5	1.00
Threats	T1	0.29	1	0.29
	T2	0.28	3	0.83
			Total	2.82

Figura 23. Estrutura EFAS

SFAS – Strategy Factors Analysis Summary				
		Weight	Rating	Weighted Score
Strengths	S1	0.09	3	0.27
	S2	0.10	3	0.29
	S3	0.13	4	0.5
Weaknesses	W1	0.13	2	0.25
	W2	0.11	4	0.44
Opportunities	O1	0.10	3	0.31
	O2	0.09	5	0.45
Threats	T1	0.13	1	0.13
	T2	0.13	3	0.38
			Total	1.27

Figura 24. Estrutura SFAS

As matrizes EFAS e IFAS são divididas em categorias já conhecidas (EFAS – Oportunidades e Ameaças, IFAS – Forças e Fraquezas), onde cada item presente é munido de um peso referente à importância atual do fator estratégico para a organização, sendo avaliado entre 0 – nenhuma importância e 1 – muita importância, presente na primeira coluna. No entanto, a soma de todos os pesos dos itens, por tabela, tem de ser igual a 1, independentemente do número de fatores estratégicos.

A segunda coluna referente à classificação descreve a capacidade da organização responder a cada um desses fatores, sendo classificada de 1 – inadequada a 5 – excelente. A terceira coluna, expressa a pontuação ponderada resultante da multiplicação entre o peso e a classificação (Davidovic & Jovanovic, 2012), o somatório da pontuação ponderada é utilizado na realização de comparações entre organizações (exemplo: *Benchmarking*).

A matriz SFAS é constituída pelo mesmo número de colunas que as matrizes anteriores. Resumindo, a matriz SFAS representa a base para a formulação estratégica através da sintetização dos fatores estratégicos utilizando pesos, classificação e pontuação ponderada (Davidovic & Jovanovic, 2012).

Finalizada a definição e seleção dos itens que compõem a análise estratégica, é necessário definir quais os elementos que compõem a estratégia a adotar pela organização. Posteriormente são comparadas as necessidades/exigências dos clientes com esses elementos e verificar existe alguma incompatibilidade de execução de alguma necessidade ou exigência.

As etapas primordiais para a execução de qualquer projeto já se encontram completas e neste momento é possível colocar “mãos à obra”. Começar no desenvolvimento do produto, seguindo-se do processo e por fim numa transferência dos planos bem executada que possibilite a persuasão do cliente com todos os processos, técnicas, materiais, equipamentos e capacidades refletidas no produto. Estas etapas podem ser planeadas com recurso à metodologia QFD.

2.7. Problemas reportados

Segundo Govers (2001) existe alguma resistência face à implementação da abordagem QFD. Esta não é mais do que a “resistência geral” encontrada junto dos colaboradores quando estão perante diversas alterações no seio de uma organização. Falta de tempo, pensamentos a curto prazo, prisão à tradição, “o que há de vantajoso para mim?” e a falta de apoio são

algumas das resistências presentes. Contudo, estas podem ser diminuídas através de apresentações onde são demonstrados os pontos fortes da utilização da metodologia. As equipas que não são apoiadas de forma satisfatória pelos níveis hierárquicos superiores, de modo a estabelecer os objetivos a atingir, não são capazes de selecionar os processos mais críticos da organização. De forma a resolver este problema, a aplicação da metodologia QFD deve partir da administração e atuar como parte da estratégia global a fim de se cumprir a missão da organização.

Com base em diversas experiências na utilização da QFD são categorizados erros e falhas comuns (Cristiano, Liker, & White, 2000; Govers, 2001; Karsak, 2004; Zairi & Youssef, 1995):

- Problemas metodológicos:
 - Necessidades/exigências dos clientes difíceis de reconhecer.
 - Equívocos entre Características do cliente e Características de engenharia.
 - Avaliações erradas das intercorrelações e intracorrelações.
 - Foco nas métricas ao invés do foco nos processos.
- Problemas da organização:
 - Fraca cooperação interfuncional que resulta em problemas de comunicação.
 - Delegação de toda a responsabilidade para apenas um grupo de trabalho. Todos os envolvidos têm de estar comprometidos.
 - Metodologia QFD ser vista como uma atividade isolada com uma performance de custo/benefício questionável.
- Problemas relativos à política dos produtos:
 - Escolha do produto certo, que reflete a evolução do produto.
 - Definição do cliente (segmentação).
 - Informações do mercado, que inclui *benchmarking* competitivo e técnico.

Os problemas acima enunciados devem-se também ao facto da QFD apresentar-se como uma metodologia pouco clara sobre as suas regras de construção, além da sua vertente pouco quantitativa.

Capítulo 3.

3. Solução proposta

3.1. Tecnologia

Com o sucessivo avanço da tecnologia e mantendo o principal objetivo de proporcionar uma utilização fácil e intuitiva da ferramenta, a determinação da linguagem de programação e outros fatores, como *frameworks* e bibliotecas a utilizar, torna-se numa tarefa complexa, uma vez que existe mais do que uma solução para as diferentes fases do seu desenvolvimento. As seguintes secções descrevem os pontos chave para a escolha executada no desenvolvimento da ferramenta.

3.1.1. PHP

Esta linguagem de *scripts* é apresentada de forma simples e transparente, dada a sua semelhança sintática com outras linguagens muito utilizadas como C e Java. A sua popularidade e vasta utilização permite que facilmente se encontre ajuda ou documentação *on-line* gratuita e apropriada para a resolução dos problemas que surjam ao longo do tempo. A vasta utilização – Figura 25 – não se manifesta de forma casual, esta é proporcionada por ser uma linguagem *open-source* não específica de um sistema operativo (Linux, Mac OSX, Windows, UNIX), além da vertente livre de custos adicionais com atualizações e custos reduzidos de *hosting*. Existem diversas *frameworks* desenvolvidas em PHP que visam facilitar a programação e auxiliar em questões como acesso às bases de dados, gestão da sessão dos utilizadores e reutilização de código. A linguagem PHP é também compatível com a maioria das bases de dados (MySQL, IBM DB2, ODBC, PostgreSQL, SQLite, entre outras) (Taei, 2013). Assim sendo, esta é a linguagem escolhida para ser utilizada no lado do servidor.

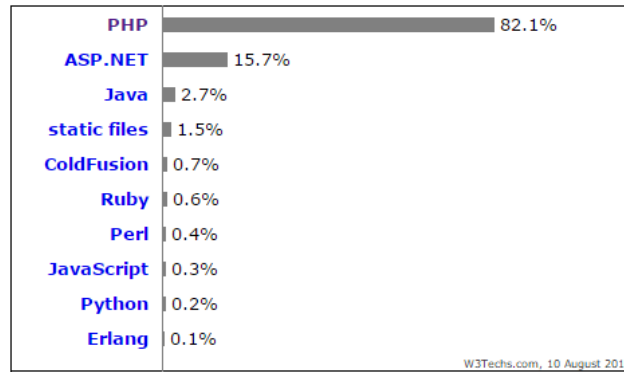


Figura 25. Percentagem de utilização de linguagens de programação no lado do servidor

Fonte: w3techs.com Acedida a: 10/08/2016

3.1.2. JavaScript

O *JavaScript* é uma linguagem de programação de alto nível muito utilizada pelos programadores – Figura 26 – para aumentar a interatividade de uma aplicação *web*, mesmo numa página que apresente informação estática. Na prática a informação continua estática, a apresentação da mesma é que se torna dinâmica (Flanagan, 2011). A utilização do *JavaScript* no lado do cliente possui diversas características próprias, como a sua execução em modo assíncrono que permite despoletar eventos através da interação do utilizador com os componentes na aplicação *web* e a interação com a entidade *Document Object Model* (DOM) (Ocariza, Bajaj, Pattabiraman, & Mesbah, 2013). A interação com esta entidade permite que o *JavaScript* possa aceder e alterar os componentes armazenados no DOM.

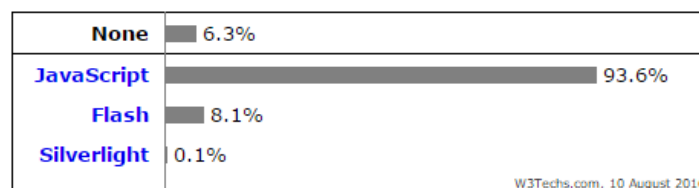


Figura 26. Percentagem de utilização de linguagens de programação *client-side*

Fonte: w3techs.com Acedida a: 10/08/2016

Conscientes das incompatibilidades entre navegadores *web*, os programadores começaram a utilizar *frameworks* e bibliotecas que simplificam a execução das tarefas mais genéricas (Flanagan, 2011) – Figura 27.

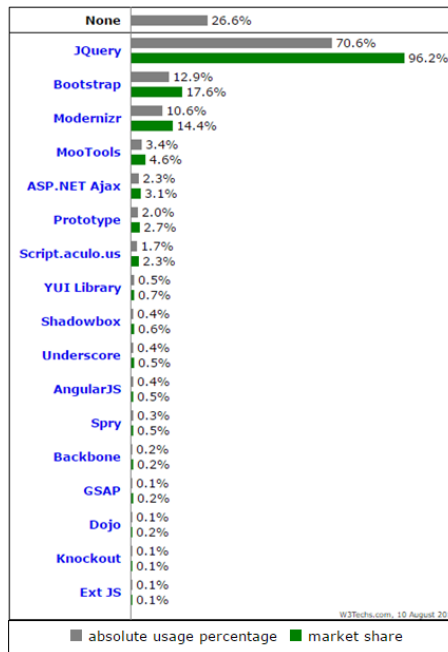


Figura 27. Percentagem de utilização de bibliotecas *JavaScript*

Fonte: w3techs.com Acedida a: 10/08/2016

3.1.3. *Frameworks* e Bibliotecas

3.1.3.1. *JQuery*

O *JQuery* é uma biblioteca *JavaScript* que facilita a localização e manipulação de elementos num determinado documento. Conforme as suas funcionalidades é possível adicionar conteúdo aos elementos, editar atributos HTML e propriedades CSS, definir eventos e executar animações (Flanagan, 2011). As funcionalidades referidas são utilizadas no desenvolvimento da ferramenta no lado do cliente, nomeadamente na elaboração da interatividade entre utilizador e a página *web*.

A interação demonstrada através do *jQuery* não abrange a comunicação com o servidor *web*, deste modo é utilizado o AJAX. Esta não é considerada uma linguagem de programação mas sim, uma técnica que permite melhorar a interação das aplicações *web*. Através do AJAX é possível realizar uma comunicação direta com o servidor *web*, no qual utiliza uma transferência de dados assíncrona (XMLHttpRequest) e que permite a atualização da informação presente na página *web* sem a mesma ser recarregada (Henthorne, Refsnes, Refsnes, Refsnes, & Refsnes, 2010). Esta transferência de dados é serializada através da utilização do JSON, `json.stringify()` que converte o objeto *JavaScript* para JSON *string* .

3.1.3.2. *Bootstrap*

O *Bootstrap* é uma *framework* gratuita e *open-source* direcionada para o desenvolvimento de *websites* e aplicações *web*. Esta apresenta diferentes escalas para a demonstração da informação, ou seja, é possível proporcionar a visualização do *output* do código, a partir de diversos dispositivos que possuem ecrãs de reduzidas dimensões, de uma forma fácil e eficiente. É composta essencialmente por dois conjuntos de CSS *preprocessors* denominados por *Less* e *Sass*, e por um conjunto personalizável de elementos HTML, além de *plugins* em *JavaScript* que permite a interação com botões, formulários e *pop-ups* (“Getting started - Bootstrap,” 2016). Esta *framework* é utilizada no desenvolvimento da UI.

3.1.3.3. *Smarty*

O *Smarty* é uma biblioteca PHP destinada para a elaboração de *templates*, onde o seu objetivo é separar a lógica do negócio da lógica da apresentação (Ohrt & Zmievski, 2003). Esta biblioteca é aplicada na elaboração da UI, onde são criados *templates* que posteriormente podem ser reutilizados. A sua aplicação resulta num ganho de tempo e *performance* pois não existe a necessidade de reescrever todas as linhas de código novamente e a partir do momento em que são executados não é necessário proceder a uma segunda compilação do *template* pois utiliza a *cache* (Ohrt & Zmievski, 2003).

3.1.3.4. *Highcharts*

Os gráficos das matrizes de saída provenientes dos algoritmos de priorização são projetados através de uma biblioteca desenvolvida em *JavaScript* que é denominada por *HighCharts*. Esta biblioteca é processada inteiramente no lado do cliente, o que resulta numa diminuição da sobrecarga no lado do servidor. Através da sua utilização é possível construir gráficos dos seguintes tipos: *Angular gauges*, *Area chart*, *Areaspline Chart*, *Bar chart*, *Box plot series*, *Column chart*, *Error bar series*, *Funnel series*, *Heat map series*, *Line chart*, *Pie chart*, *Polar chart*, *Range series*, *Scatter chart*, *Spline chart*, *Treemap* e *Waterfall series*. Na presente ferramenta são utilizados os *Column chart*, preparados para acomodar valores negativos.

3.1.4. Servidores *Web*

Os servidores *web* fornecem aos seus utilizadores o acesso às páginas *web* através da utilização de um navegador *web*. Os servidores *web* estão sempre ligados à espera de solicitações, ao chegar um pedido HTTP este vai ser interpretado e, caso seja possível, é aceite e retorna ao cliente o que antes foi solicitado, uma resposta HTTP. De seguida é fechado o canal de comunicação dando assim origem ao fim do papel do servidor *web*. O acesso pode ser realizado por um ou mais clientes em simultâneo, dependendo da arquitetura utilizada. Como referido anteriormente, a transferência de dados é realizada através da serialização do JSON, no qual o servidor *web* realiza o *json_decode* e cria os objetos desejados.

Na Figura 28 é possível verificar a percentagem de utilização dos diferentes tipos de servidores *web*, onde os *Apache*, servidores *open-source*, dominam com mais de 50%. Deste modo a nossa escolha recai sobre a utilização de uma variante do *Apache HTTP Server*, o *WAMP Server*. O acrónimo possui o seguinte significado:

- W – *Windows*
- A – *Apache*
- M – *MySQL*
- P – *PHP*

Esta variante sustenta a nossa utilização da linguagem PHP no lado do servidor que nos permite demonstrar aos utilizadores as diversas páginas *web* dinâmicas. A simples instalação do *WAMP*Server permite que os utilizadores possuam um servidor local na sua máquina.

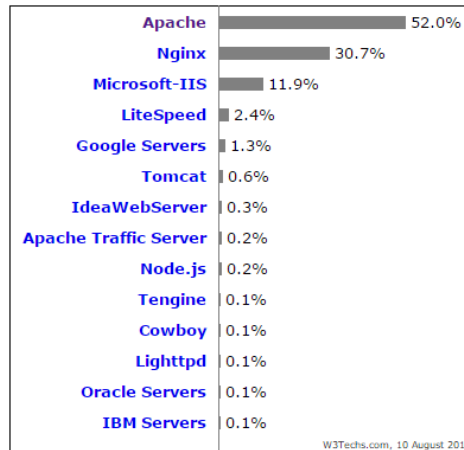


Figura 28. Percentagem de utilização dos diversos servidores *web*

Fonte: w3techs.com Acedido a: 10/08/2016

3.2. Arquitetura

A elaboração desta ferramenta permite ao utilizador um acesso facilitado à metodologia QFD, para que isto seja possível, foi elaborado um programa que é executado num servidor ao invés de uma aplicação local que requeria a instalação e configuração da máquina virtual, outros programas ou bibliotecas adicionais. Atualmente a ferramenta trabalha em interação com o *WAMP*Server, dada a sua vertente livre de custos, mas em qualquer momento pode ser exportado para um servidor público, onde a informação se encontra centralizada e possa fornecer o acesso a múltiplos utilizadores através de um simples pedido.

Sendo assim, para usufruir da ferramenta é necessária a utilização de um navegador *web*, acesso à rede e da instalação do *WAMP*Server.

3.2.1. Model View Controller

O *Model View Controller* (MVC) é um padrão de *design* utilizado para a concepção da arquitetura de um *software* interativo, onde o objetivo é proceder à separação da *user interface* (UI) do resto dos dados subjacentes – Figura 29. Neste padrão, a *View* expõe a informação para o utilizador, por sua vez o *Controller* assiste-a através do processamento da interação que afeta a *View* ou o *Model*. O *Model* contém a informação representada pela *View* (Leff & Rayfield, 2001).

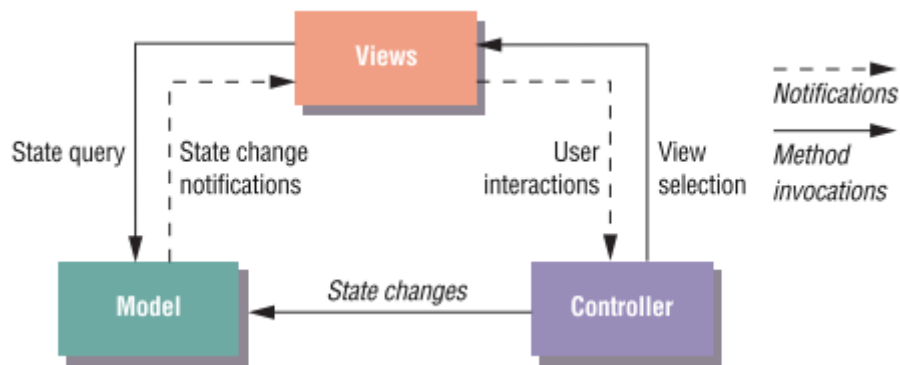


Figura 29. Padrão de *design* MVC

Fonte: Curry & Grace (2008)

Este padrão oferece um mecanismo poderoso que permite a visualização e alteração de dados. Possibilita a existência de um *Model* que possua várias *Views* e *Controllers*, que podem ser alteradas independentemente do *Model*. Facilitando assim a criação de soluções flexíveis e que fornecem várias exposições dos mesmos dados (Curry & Grace, 2008).

3.2.2. Base de dados

A base de dados foi concebida através da ferramenta *phpMyAdmin*, esta é desenvolvida em PHP e possibilita a sua administração através de um navegador *web*. Doze tabelas compõem a estrutura da base de dados, sendo associada uma tabela a cada processo distinto que ocorre. A quantidade de tabelas existentes é considerada excessiva e redundante,

contudo foi escolhida esta estrutura para simplificar a leitura dos dados nelas contidos e sua interpretação. De seguida são apresentadas as tabelas e os seus atributos – Tabela 3:

Tabela 3. Tabelas da base de dados e seus atributos

Tabela	Atributos	Notas						
<i>options</i>	<table border="1"> <tr><td>idbdb (pk)</td></tr> <tr><td>impt</td></tr> <tr><td>scale</td></tr> <tr><td>strategy</td></tr> <tr><td>algorithm</td></tr> <tr><td>currentTable</td></tr> </table>	idbdb (pk)	impt	scale	strategy	algorithm	currentTable	<p>Responsável pelo armazenamento das opções iniciais aquando do início da utilização da metodologia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • impt – preencher automático da importância (<i>varchar</i>) • scale – escala a utilizar (<i>varchar</i>) • strategy – definição do planeamento estratégico (<i>varchar</i>) • algorithm – algoritmo a utilizar (<i>varchar</i>) • currentTable – utilizado para a mudança de fase da metodologia (<i>varchar</i>)
idbdb (pk)								
impt								
scale								
strategy								
algorithm								
currentTable								
<i>ifas, efas</i>	<table border="1"> <tr><td>indexcol (pk)</td></tr> <tr><td>namecol</td></tr> <tr><td>ratingcol</td></tr> <tr><td>weightcol</td></tr> <tr><td>weightedscorecol</td></tr> <tr><td>improvementindicatorcol</td></tr> </table>	indexcol (pk)	namecol	ratingcol	weightcol	weightedscorecol	improvementindicatorcol	<p>O atributo <i>namecol</i> (<i>varchar</i>) utilizado para identificação do item recolhido, <i>ratingcol</i> (<i>int</i>) indica a facilidade com que o item é realizado e o <i>weightcol</i> (<i>decimal</i>) o peso de influência atual do item.</p> <p>O <i>weightedscorecol</i> (<i>decimal</i>) corresponde à multiplicação entre o <i>ratingcol</i> e o <i>weightcol</i>, sendo apresentado nas tabelas laterais das tabelas de recolha de itens.</p> <p>O <i>improvementindicatorcol</i> (<i>decimal</i>) é a multiplicação do <i>ratingcol</i> pelo <i>weightcol</i> invertido, que nos indica o quanto um item necessita de ser melhorado.</p>
indexcol (pk)								
namecol								
ratingcol								
weightcol								
weightedscorecol								
improvementindicatorcol								
<i>strategies, whats</i>	<table border="1"> <tr><td>indexcol (pk)</td></tr> <tr><td>namecol</td></tr> <tr><td>importancecol</td></tr> <tr><td>ownercol</td></tr> </table>	indexcol (pk)	namecol	importancecol	ownercol	<p><i>Strategies</i> guarda os dados referentes aos itens da Estratégia definidos automaticamente ou pelo utilizador.</p> <p>A tabela <i>whats</i> armazena o <i>namecol</i> (<i>varchar</i>) e <i>importancecol</i> (<i>decimal</i>) dos <i>Customer Attributes</i> fornecidos pelo cliente, além do responsável pelo item – <i>ownercol</i> (<i>varchar</i>).</p>		
indexcol (pk)								
namecol								
importancecol								
ownercol								
<i>hows, partscharacteristics, keyprocessoperations, productionrequirements</i>	<table border="1"> <tr><td>indexcol (pk)</td></tr> <tr><td>namecol</td></tr> <tr><td>importancecol</td></tr> <tr><td>ownercol</td></tr> <tr><td>targetcol</td></tr> </table>	indexcol (pk)	namecol	importancecol	ownercol	targetcol	<p><i>Hows</i> guarda os dados referentes aos itens das Características de engenharia fornecidos pelo cliente. As restantes tabelas guardam os itens correspondentes às diversas fases de recolha de itens da metodologia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>partscharacteristics</i> – Características de partes • <i>keyprocessoperations</i> – Operações chave do processo • <i>productionrequirements</i> – Requisitos de produção <p>Estes itens devem ser o mais mensurável possível, deste modo o <i>targetcol</i> (<i>int</i>) é útil para que no futuro possamos verificar se atingimos os valores definidos.</p>	
indexcol (pk)								
namecol								
importancecol								
ownercol								
targetcol								
<i>variables</i>	<table border="1"> <tr><td>indexcol (pk)</td></tr> <tr><td>namecol</td></tr> <tr><td>importancecol</td></tr> </table>	indexcol (pk)	namecol	importancecol	<p>Armazena as variáveis de negócio que são definidas antes de cada matriz de correlações: <i>namecol</i> (<i>varchar</i>) e <i>importancecol</i> (<i>decimal</i>). Exemplo: <i>Cust</i> -> 0.70, <i>Time</i> -> 0.30</p>			
indexcol (pk)								
namecol								
importancecol								
<i>matrix</i>	<table border="1"> <tr><td>indexcol (pk)</td></tr> <tr><td>type</td></tr> <tr><td>firstelement</td></tr> <tr><td>secondelement</td></tr> <tr><td>correlation</td></tr> </table>	indexcol (pk)	type	firstelement	secondelement	correlation	<p>Responsável pelo armazenamento dos valores da <i>correlation</i> (<i>decimal</i>) na posição no segmento da matriz <i>firstelement</i> (<i>tinyint</i>) e <i>secondelement</i> (<i>tinyint</i>). O <i>type</i> (<i>varchar</i>) define qual o segmento da matriz:</p> <ul style="list-style-type: none"> • hh: <i>Hows Vs. Hows</i> • ww: <i>Whats Vs. Whats</i> • wh: <i>Whats Vs. Hows</i> 	
indexcol (pk)								
type								
firstelement								
secondelement								
correlation								
<i>whatshowsnormalized</i>	<table border="1"> <tr><td>indexcol(pk)</td></tr> <tr><td>firstelement</td></tr> <tr><td>secondelement</td></tr> <tr><td>correlation</td></tr> </table>	indexcol(pk)	firstelement	secondelement	correlation	<p>Armazena os valores da <i>correlation</i> (<i>decimal</i>) normalizada consoante a posição (<i>firstelement</i> e <i>secondelement</i>). Estes valores são utilizados na construção dos gráficos que são consultados no <i>output</i>.</p>		
indexcol(pk)								
firstelement								
secondelement								
correlation								

De modo a obter o melhor nível de performance e otimização, embora aumente a complexidade de interpretação dos dados, a estrutura da base de dados seria a seguinte – Tabela 4:

Tabela 4. Tabelas da base de dados otimizada e seus atributos

Tabela	Atributos	Notas								
<i>options</i>	<table border="1"> <tr><td>idOptions (pk)</td></tr> <tr><td>impt</td></tr> <tr><td>scale</td></tr> <tr><td>strategy</td></tr> <tr><td>algorithm</td></tr> </table>	idOptions (pk)	impt	scale	strategy	algorithm	<p>Responsável pelo armazenamento das opções iniciais aquando do início da utilização da metodologia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • impt – preenchimento automático da importância • scale – escala a utilizar • strategy – definição do planeamento estratégico • algorithm – algoritmo a utilizar 			
idOptions (pk)										
impt										
scale										
strategy										
algorithm										
<i>itemAnalysis</i>	<table border="1"> <tr><td>idItem (pk)</td></tr> <tr><td>idTable (fk)</td></tr> <tr><td>nameItem</td></tr> <tr><td>ratingItem</td></tr> <tr><td>weightItem</td></tr> <tr><td>weightscoreItem</td></tr> <tr><td>improvementindicatorItem</td></tr> </table>	idItem (pk)	idTable (fk)	nameItem	ratingItem	weightItem	weightscoreItem	improvementindicatorItem	<p>O atributo <i>nameItem</i> utilizado para identificação do item recolhido, <i>ratingItem</i> indica a facilidade com que o item é realizado e o <i>weightItem</i> o peso de influência atual do item. O <i>weightscoreItem</i> corresponde à multiplicação entre o <i>ratingItem</i> e o <i>weightItem</i>, sendo apresentado nas tabelas laterais das tabelas de recolha de itens. O <i>improvementindicatorItem</i> é a multiplicação do <i>ratingItem</i> pelo <i>weightItem</i> invertido, que nos indica o quanto um item necessita de ser melhorado.</p>	
idItem (pk)										
idTable (fk)										
nameItem										
ratingItem										
weightItem										
weightscoreItem										
improvementindicatorItem										
<i>table</i>	<table border="1"> <tr><td>idTable (pk)</td></tr> <tr><td>idOptions (fk)</td></tr> <tr><td>nameTable</td></tr> </table>	idTable (pk)	idOptions (fk)	nameTable	<p>Tabela guarda os dados referentes às tabelas. Identifica-se através do <i>idTable</i> e associa-se à tabela <i>options</i> através do <i>idOptions</i>. Possui <i>nameTable</i> para proceder à identificação da tabela:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>ifas</i> – tabela IFAS • <i>efas</i> – tabela EFAS • <i>strategies</i> – tabela estratégias • <i>whats</i> – tabela Características Cliente • <i>hows</i> – tabela Características Eng. • <i>partscharacteristics</i> – tabela Característica de partes • <i>keyprocessoperations</i> – tabela Operações chave do process • <i>productionrequirements</i> – tabela requisitos de produção • <i>variables</i> – tabela das variáveis de negócio 					
idTable (pk)										
idOptions (fk)										
nameTable										
<i>itemDeployment</i>	<table border="1"> <tr><td>idItem (pk)</td></tr> <tr><td>idTable (fk)</td></tr> <tr><td>nameItem</td></tr> <tr><td>importanceItem</td></tr> <tr><td>ownerItem</td></tr> <tr><td>targetItem</td></tr> </table>	idItem (pk)	idTable (fk)	nameItem	importanceItem	ownerItem	targetItem	<p>O atributo <i>nameItem</i> utilizado para identificação do item recolhido, <i>importanceItem</i> que determina os valores de importância ao longo da sua utilização, <i>ownerItem</i> que identifica o responsável do item. Estes itens devem ser o mais mensurável possível, deste modo o <i>targetItem</i> é útil para que no futuro possamos verificar se atingimos os valores definidos.</p>		
idItem (pk)										
idTable (fk)										
nameItem										
importanceItem										
ownerItem										
targetItem										
<i>matrix</i>	<table border="1"> <tr><td>idMatrix (pk)</td></tr> <tr><td>idTableWhat (fk)</td></tr> <tr><td>idTableHow (fk)</td></tr> <tr><td>isNormalized</td></tr> <tr><td>type</td></tr> <tr><td>firstelement</td></tr> <tr><td>secondelement</td></tr> <tr><td>correlation</td></tr> </table>	idMatrix (pk)	idTableWhat (fk)	idTableHow (fk)	isNormalized	type	firstelement	secondelement	correlation	<p>Responsável pelo armazenamento dos valores das correlações (<i>correlation</i>) na posição da matriz, funciona como X e Y (<i>firstelement</i> e <i>secondelement</i>), além do <i>type</i> que define qual o segmento da matriz:</p> <ul style="list-style-type: none"> • hh: <i>Hows Vs. Hows</i> • ww: <i>Whats Vs. Whats</i> • wh: <i>Whats Vs. Hows</i> <p>A distinção entre a HoQ de <i>input</i> e a matriz normalizada ou de <i>output</i> realiza-se através do atributo <i>isNormalized</i>. Os valores quando o atributo <i>isNormalized</i> é igual a 1 são utilizados na construção dos gráficos que são consultados no <i>output</i>.</p> <p>Cada linha possui um <i>idMatrix</i> que identifica a matrix e um <i>idTableWhat</i> e <i>idTableHow</i> que realiza a correspondência entre as tabelas que estão presentes na HoQ</p>
idMatrix (pk)										
idTableWhat (fk)										
idTableHow (fk)										
isNormalized										
type										
firstelement										
secondelement										
correlation										

3.3. Modelo proposto

3.3.1. Planeamento estratégico na metodologia QFD

Como referido na revisão da literatura, a simples implementação da metodologia em conjugação com um algoritmo de priorização não garante o total sucesso da mesma. Com o objetivo de criar as condições favoráveis para a utilização da metodologia QFD foram apresentadas algumas etapas adicionais, com especial foco para o Planeamento estratégico, que não se encontra incorporado na QFD. O objetivo dos autores desta dissertação é proceder à integração da mesma na metodologia QFD e desenvolver um algoritmo de normalização e priorização que a suporte. O desenvolvimento do algoritmo do modelo proposto tem como base o algoritmo da secção Modelo de normalização e priorização de Chen & Chen.

A introdução do planeamento estratégico visa integrar um procedimento que permita alinhar a estratégia com o planeamento e conceção do produto. Assim sendo, aquando da utilização deste modelo proposto é possível realizar as seguintes etapas: Definição do IFAS, EFAS e Estratégias. Na definição do IFAS e do EFAS é inquirido ao utilizador qual o nome do item, respetiva dificuldade da organização em realizá-lo (classificação) e influência atual (peso). Para cada um dos itens, são calculados dois indicadores: um que demonstra a sua pontuação ponderada – equação (4) – e outro a sua necessidade de melhoria – equação (5).

$$Pontuação\ ponderada_m = peso_m \cdot classificação_m \quad (4)$$

$$Necessidade\ de\ melhoria_m = peso_m \cdot (6 - classificação_m) \quad (5)$$

A média da pontuação ponderada é utilizada na realização de comparações entre organizações (exemplo: *Benchmarking*). O indicador da necessidade de melhoria sofre uma inversão da classificação de modo ao valor obtido ser tanto maior quanto a necessidade de melhoria. Exemplo – Tabela 5 e Tabela 6:

Tabela 5. Exemplo de utilização IFAS

<i>Item</i>	<i>Classificação</i>	<i>Peso</i>	<i>Pontuação ponderada</i>	<i>Necessidade de melhoria</i>
Ordenados em atraso	2	0.5	1	2
Capacidade de mobilidade	4	0.4	1.6	0.8
Incentivo à educação	3	0.1	0.3	0.3

Tabela 6. Exemplo de utilização EFAS

<i>Item</i>	<i>Classificação</i>	<i>Peso</i>	<i>Pontuação ponderada</i>	<i>Necessidade de melhoria</i>
Resistência à mudança	3	0.3	0.9	0.9
Impostos	2	0.7	1.4	2.8

Na transição para a definição das Estratégias surge um preenchimento proposto da tabela. Os itens que surgem nesta tabela têm base nos itens anteriores (IFAS e EFAS) e é denominada por matriz SFAS que representa a base para a formulação da estratégia – Tabela 7.

Tabela 7. Exemplo de utilização SFAS

<i>Item</i>	<i>Classificação</i>	<i>Peso</i>	<i>Pontuação ponderada</i>	<i>Necessidade de melhoria</i>	<i>Importância sugerida</i>
Ordenados em atraso	2	0.5	1	2	29.4%
Capacidade de mobilidade	4	0.4	1.6	0.8	11.8%
Incentivo à educação	3	0.1	0.3	0.3	4.4%
Resistência à mudança	3	0.3	0.9	0.9	13.2%
Impostos	2	0.7	1.4	2.8	41.2%

É aconselhável que o utilizador considere o preenchimento que surge na tabela – Tabela 8 – de modo a definir os diversos itens de estratégia com vista a melhorar as dificuldades que a sua organização apresenta, caso não seja esse o seu desejo o preenchimento pode ser eliminado e elaborado com os itens da estratégia. O preenchimento apresenta o nome dos itens e respetiva importância individual. A importância do item m é definida com base no indicador de necessidade de melhoria anteriormente abordado – equação (6).

$$\begin{aligned}
 & \text{ImportânciaSugerida}_m \\
 & = \left(\frac{\text{Necessidade de melhoria}_m}{\sum_{n=1}^{\#totalItens(IFAS+EFAS)} \text{Necessidade de melhoria}_n} \right) \cdot 100 \quad (6)
 \end{aligned}$$

Tabela 8. Exemplo estratégias

Item	Importância sugerida
Ordenados em atraso	29.4%
Capacidade de mobilidade	11.8%
Incentivo à educação	4.4%
Resistência à mudança	13.2%
Impostos	41.2%

A adição desta nova etapa à metodologia QFD vai incrementar uma fase à mesma, esta fase coloca frente a frente as Estratégias definidas com as Características do cliente. Deste modo a sequência das fase é alterada – Figura 30.

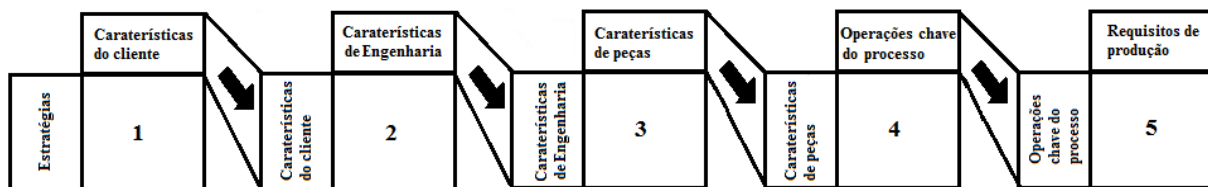


Figura 30. Nova sequência das fases da HoQ na metodologia

3.3.2. Variáveis de negócio

Ao longo da pesquisa efetuada sobre a metodologia QFD e respetivos modelos de priorização, a maioria dos autores apenas aborda a fase 1 (Caraterísticas do cliente vs. Caraterísticas de engenharia) deixando de lado as fases restantes. Não existindo nenhuma explicação consensual para este facto, decidimos aumentar a flexibilidade do modelo de modo a tornar inevitável a sua utilização ao longo de todas as fases de metodologia QFD.

São introduzidas as variáveis de negócio, estas são definidas pelo utilizador e afetam apenas os objetivos a atingir. A introdução das variáveis de negócio facilita o utilizador, na medida em que este não se encontra obrigado a introduzir importância relativa para os objetivos. No preenchimento da tabela referente a estas variáveis é inquirido o nome do item e o impacto que este que possui no planeamento do produto. Posteriormente, no preenchimento das intercorrelações e intracorrelações na HoQ é apresentada uma matriz anexa onde é possível determinar a correlação entre as variáveis (V_n) e os objetivos (O_m) – Tabela 9.

Tabela 9. Objetivos e variáveis de negócio

		V_1	V_2
		$peso_1$	$peso_2$
O_1	...	$\delta_{1,1}$	$\delta_{1,2}$
O_2	...	$\delta_{2,1}$	$\delta_{2,2}$

Os valores das correlações ($\delta_{m,n}$) e do impacto ($peso_n$) são utilizados na equação (7) e através dela é possível determinar o valor da importância de cada objetivo proveniente das variáveis de negócio. A Tabela 10 exemplifica o preenchimento da matriz anexa das variáveis de negócio e a Tabela 11 o valor resultante da equação anterior – equação (7).

$$\text{Importância da variável de negócio}_m = \sum_{n=1}^{\#V} w_n \cdot \delta_{m,n} \quad (7)$$

Tabela 10. Exemplo do preenchimento da matriz das variáveis de negócio anexa à HoQ sem importância relativa definida pelo cliente

		Variável de negócio1	Variável de negócio2
		30%	70%
Objetivo1	...	9	1
Objetivo2		1	3

Tabela 11. Importância relativa do objetivo calculada a partir das importâncias das variáveis de negócio

Name	Importância da variável de negócio	Importância relativa do Objetivo
Objetivo1	3.4	58.6%
Objetivo2	2.4	41.4%

A aplicação das variáveis de negócios pode funcionar como a totalidade da importância relativa dos objetivos – Figura 31 – ou como uma parte da importância relativa dos objetivos – Figura 32. Quando funciona como a totalidade de importância relativa dos objetivos, o utilizador não introduz qualquer importância relativa para o objetivo a atingir, ou seja, na matriz de saída do algoritmo a importância final calculada tem 100% da sua origem

na importância relativa calculada através da importância das variáveis de negócio – equação (8). O d''_i representa a importância final presente na matriz de saída do algoritmo para um determinado objetivo i , onde o $\beta_{i,l}$ representa a correlação entre o objetivo i e o objetivo j .

$$d''_i = \frac{(\sum_{l=1}^m \beta_{i,l}) \cdot \text{Importância da variável de negócio}_i}{\sum_{i=1}^m (\sum_{l=1}^m \beta_{i,l}) \cdot \text{Importância da variável de negócio}_i}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (8)$$

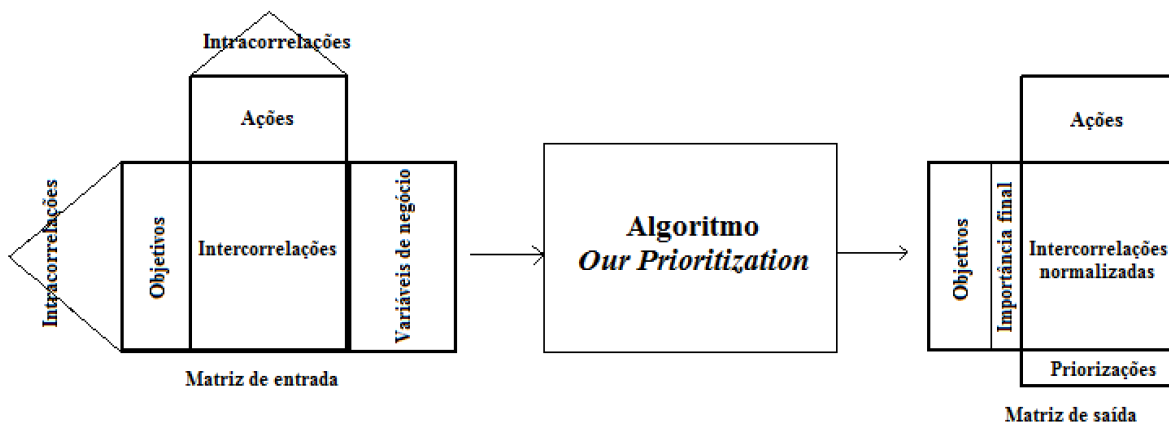


Figura 31. Variáveis de negócios como a totalidade da importância relativa dos objetivos

Quando funciona como uma parte da importância relativa dos objetivos, funciona juntamente com a importância relativa do objetivo definida pelo utilizador – equação (9). O d'''_i representa a importância final presente na matriz de saída do algoritmo para um determinado objetivo i , composto por $x\%$ da importância obtida através das variáveis de negócio (d''_i) e a restante percentagem $(100\% - x)$ obtidos através dos valores de importância relativa (d_i) do objetivo i fornecido pelo utilizador, onde o $\beta_{i,l}$ representa a correlação entre o objetivo i e o objetivo j . De frisar que o $\beta_{i,l}$ quando o $i = l$ possui o valor máximo do intervalo de correlação escolhida + 1, ou seja, a correlação entre ele próprio é representada pelo valor máximo de correlação somando 1.

$$d'''_i = d''_i \cdot x + \left(\frac{(\sum_{l=1}^m \beta_{i,l}) \cdot d_i}{\sum_{i=1}^m (\sum_{l=1}^m \beta_{i,l}) \cdot d_i} \right) \cdot (100 - x), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (9)$$

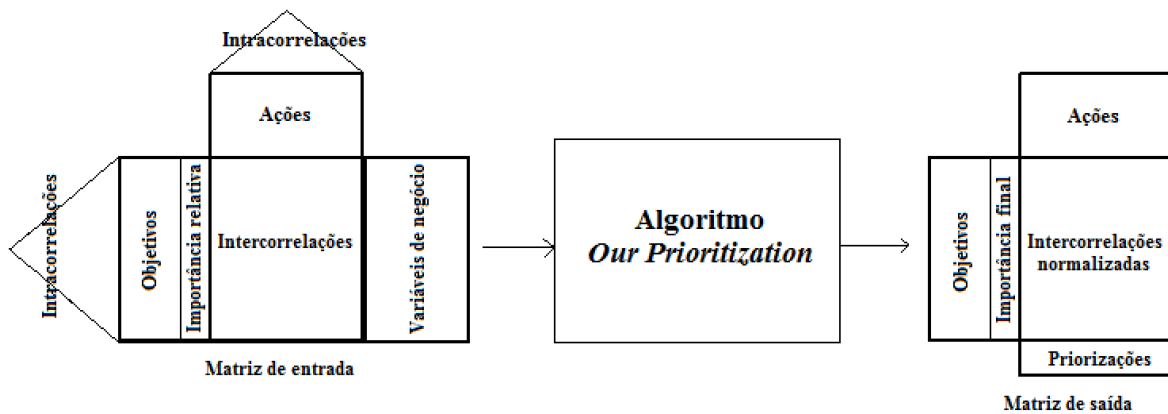


Figura 32. Variáveis de negócios como uma parte da importância relativa dos objetivos

3.3.3. Vertente quantitativa

A adição de uma nova vertente à metodologia QFD que possibilita alinhar a estratégia com as Características do cliente, além da introdução de variáveis de negócio que possibilitam introduzir flexibilidade a cada fase da metodologia e dispensar a introdução da importância relativa proveniente do cliente, os autores deste modelo realizam a alteração na representação das intercorrelações e intracorreções no preenchimento das diversas HoQ. Ou seja, o preenchimento das matrizes de entrada no algoritmo abandonam os usuais símbolos e introduzem uma opção mais quantitativa – Figura 33. Esta mudança deve-se ao facto do significado quantitativo de cada símbolo ser diferente para cada modelo utilizado, assim introduz-se uniformidade no preenchimento e minimiza-se a probabilidade dos erros de preenchimento.

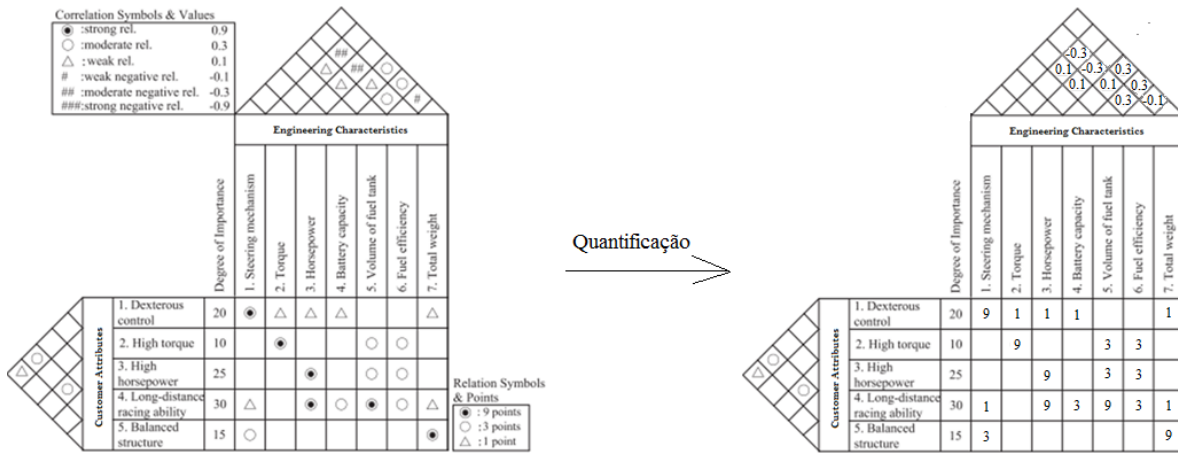


Figura 33. Transformação dos símbolos em valores

As restantes fases e equações para o cálculo das prioridades são iguais às apresentadas na secção Modelo de normalização e priorização de Chen & Chen. Normalização dos valores presentes na matriz central da HoQ, através da equação (10) permite a normalização, ao longo das linhas, dos valores $R_{i,j}$ que se encontram na matriz central, tendo em conta a correlação ($\gamma_{k,j}$) entre os itens das ações k e j na HoQ. De frisar que o $\gamma_{k,j}$ quando o $k = j$ possui o valor máximo do intervalo de correlação escolhida + 1, ou seja, a correlação entre ele próprio é representada pelo valor máximo de correlação somando 1.

$$R''_{i,j} = \frac{(\sum_{k=1}^n \gamma_{k,j}) \cdot R_{i,j}}{\sum_{j=1}^n (\sum_{k=1}^n \gamma_{k,j}) \cdot R_{i,j}} \quad (10)$$

Tendo a matriz totalmente normalizada ($R''_{i,j}$ e d_i'''), é possível executar o cálculo da priorização das ações j da HoQ. Através do somatório da multiplicação da posição normalizada ($R''_{i,j}$), pelo sua importância final (d_i'''), é possível determinar a prioridade dos itens a execução (w''_j).

$$w''_j = \sum_{i=1}^m d_i''' \cdot R''_{i,j} \quad (11)$$

A seguinte secção torna mais elucidativo as funções anteriormente apresentadas através da exposição da interface do utilizador.

3.4. Interface do utilizador

Segundo Dillon (2003) o sucesso de qualquer programa desenvolvido está dependente do fornecimento de recursos, pertinentes para a tarefa em questão, de modo a que os seus utilizadores possam explorá-lo de forma eficaz. Embora o fornecimento de recursos esteja relacionado com a funcionalidade, a interface do utilizador é o meio pelo qual a funcionalidade pode ser utilizada.

Deste modo, a elaboração da interface do utilizador presente nesta ferramenta segue as seguintes *guidelines* que têm origem em estudos cognitivos (Dillon, 2003):

- Capacidade de leitura e qualidade de imagem – Produção de *interfaces* monótonas e adição de cor, em moderação, para guiar o processamento visual e atrair a atenção;
- Manipulação e dispositivos – Nos dias de hoje a utilização dos programas não está restrita ao *desktop*, sendo assim, é necessário abranger um número máximo de dispositivos;
- Apoio à formação de modelos mentais – Os utilizadores devem entender o que está a acontecer no programa, uma vez que grande parte da atividade está oculta, logo, têm de confiar no resultado final. Desse modo, é necessário apresentar uma *interface* transparente, coerente e de apoio que seja sustentada na cultura e relações entre conceitos e procedimentos do utilizador.
- Metáforas para melhorar a compreensão e aprendizagem – As metáforas permitem que os utilizadores apliquem conhecimento já existente num novo domínio.
- Fazer e aprender – Os utilizadores tendem a ser resistentes face à leitura da documentação, assim sendo, é necessário que estes possuam uma funcionalidade de treino e de apoio à aprendizagem.
- Utilizar imagens e ícones – Transmite conceitos e ações por meio de sinais, imagens ou símbolos. Minimiza as limitações da linguagem e cruza fronteiras culturais.

3.4.1. Home

Esta é a primeira página com que o utilizador interage – Figura 34, é dotada de cores e tons suaves que visam o alcançar a tranquilidade junto do utilizador, mesmo após vários

minutos de utilização contínua. Os botões de acesso às diversas funcionalidades encontram-se dispostos lado a lado na barra superior, o que permite um acesso rápido.



Figura 34. Página inicial da ferramenta

De seguida, encontram-se imagens, que transitam entre elas de forma automática e sequencial, interpretadas pelos *3D Men* que retratam o processo envolvido aquando da utilização da ferramenta – Figura 35:

1. Encontro com o cliente;
2. Definição das necessidades/exigências;
3. Tomada de decisões;
4. Melhoria dos indicadores;
5. Superar as metas;



Figura 35. Evolução dos processos durante a utilização da ferramenta

Segue-se uma breve introdução à metodologia QFD e por fim, algumas vantagens que são associadas à utilização da mesma. Toda a interface do utilizador apresentada está

dependente do dispositivo onde é visualizada, sendo ajustada automaticamente aos diversos ecrãs.

As próximas funcionalidades a serem exploradas surgem após o clique no botão *About*.

3.4.2. *About*

O conteúdo presente no *About* – Figura 36 – visa fornecer ao utilizador um conhecimento teórico mais profundo sobre as diversas secções que compõem a ferramenta: *Strategic planning*, *Product planning* e *QFD methodology*. Abaixo estão presentes três exemplos da sua utilização nas mais diversas áreas: produção de *Pellets*, conceção de um carro de corrida telecomandado e de um *smartphone*.



Figura 36. Introdução teórica à utilização da ferramenta

3.4.3. *Tool*

Neste segmento da ferramenta é possível aceder às funcionalidades da metodologia QFD.

3.4.3.1. Settings

Após a seleção da funcionalidade *Tool* surge um menu de entrada de dados – Figura 37, provenientes do utilizador, onde se definem quais as preferências para a utilização da ferramenta. Deste modo, é permitido proceder à escolha do algoritmo a utilizar – Modelo de normalização e priorização de Chen & Chen (*Prioritization of Chen*) ou o Modelo proposto (*Our prioritization*)

A escolha do Modelo de normalização e priorização de Chen & Chen (*Prioritization of Chen*) segue todas as funcionalidades descritas na secção 2.4.1, na medida em que este modelo apenas é replicado. Por outro lado, o Modelo proposto (*Our prioritization*) é dotado de flexibilidade e permite a definição automática da importância dos itens, a definição da percentagem de impacto das variáveis de negócio na importância final, a realização do planeamento estratégico e ainda a escolha de qual a escala de avaliação das correlações mais adequada ao utilizador – Figura 38.

Figura 37. Escolha das definições da ferramenta

Tendo o utilizador escolhido os elementos iniciais e avançado para a próxima fase, é necessário proceder à escolha dos seguintes itens. Na Figura 38 foi desejada a realização do planeamento estratégico, logo as próximas etapas a definir são as tabelas do IFAS, EFAS e Estratégias. Caso não seja necessário proceder à realização do planeamento estratégico a próxima etapa encontra-se na secção *Quality Deployment*.

CHOOSE THE FOLLOWING SETTINGS

▶ Proceed to the next step

Prioritization algorithm:	<input style="width: 90%; border: 1px solid #ccc;" type="text" value="Our prioritization"/>
Do you want the importance of the items to be set automatically?:	<input style="width: 90%; border: 1px solid #ccc;" type="text" value="No"/>
Influence of the business variables in the final importance:	<input style="width: 90%; border: 1px solid #ccc;" type="text" value="0%"/>
Do you want to perform strategic analysis?:	<input style="width: 90%; border: 1px solid #ccc;" type="text" value="Yes"/>
Rating scale:	<input style="width: 90%; border: 1px solid #ccc;" type="text" value="[-9, -3, -1, 0, 1, 3, 9]"/>

Figura 38. Flexibilidade presente no Modelo Proposto (*Our Prioritization*)

De frisar que todas as tabelas de recolha dos itens são desenvolvidas com o objetivo de serem utilizadas durante um *brainstorming*, onde o utilizador pode escrever o que deseja e no fim realiza a aprovação dos itens que transitam para a fase seguinte.

3.4.3.2. *Strategic Planning*

Em primeira instância, a próxima tabela a definir é respeitante ao IFAS – figura 39. Esta tabela permite a inclusão da análise estratégica interna da organização no processo de planeamento do produto/serviço.

Para cada fator estratégico é necessário escolher o *Rating* (capacidade da organização responder a esse fator, classificação) e *Weight* (importância atual do fator para a organização, peso). A soma dos *Weight* (pesos) tem de ser igual a 1, independentemente do número de fatores estratégicos.

The screenshot shows the 'Quality Function Deployment' software interface. At the top, there is a navigation menu with 'HOME', 'ABOUT', 'TOOL', and 'CONTACT'. Below the menu is a section titled 'TABLE OF IFAS'. On the left, there is a '+ Add New Element' button. On the right, there is a '> Define EFAS analysis' button. The main content is a table with the following data:

#	Name	Rating	Weight			
1	Consistent quality	5	0.40			
2	Experience	5	0.45			
3	Lack of funding	2	0.10			
4	No reputation yet	1	0.05			

Figura 39. Análise estratégica interna

A próxima tabela a preencher é a respeitante à EFAS, esta visa a definição de quais os fatores da análise estratégica externa da organização – Figura 40. O seu preenchimento é igual à tabela anterior.

The screenshot shows the 'Quality Function Deployment' software interface. On the left, there is a sidebar titled 'IFAS' with four entries, each showing details for an internal factor. On the right, there is a section titled 'TABLE OF EFAS'. On the left of this section, there is a '+ Add New Element' button. On the right, there is a '> Define Strategies' button. The main content is a table with the following data:

#	Name	Rating	Weight			
1	Customer loyalty	5	0.50			
2	Growing market	4	0.40			
3	Similar enterprises	1	0.10			

The sidebar 'IFAS' contains the following details for each factor:

- Consistent quality:** Name: Consistent quality, Weight: 0.40, Rating: 5, Weighted Score: 2.00, Improvement indicator: 0.016
- Experience:** Name: Experience, Weight: 0.45, Rating: 5, Weighted Score: 2.25, Improvement indicator: 0.018
- Lack of funding:** Name: Lack of funding, Weight: 0.10, Rating: 2, Weighted Score: 0.20, Improvement indicator: 0.025
- No reputation yet:** Name: No reputation yet, Weight: 0.05, Rating: 1, Weighted Score: 0.05, Improvement indicator: 0.050

Figura 40. Análise estratégica externa

O resultado das tabelas anteriores vão figurar como elementos de entrada para a próxima tabela que é denominada por Tabela das Estratégias – Figura 41. Nesta tabela surge um preenchimento sugerido com base na necessidade de melhoria (*improvement indicator*) – equação (6). Os nomes e importâncias que surgem na tabela podem ser eliminados ou alterados, consoante o desejo do utilizador.

TABLE OF STRATEGIES

+ Add New Strategy > Define Customer Attributes

#	Name	Importance	Owner			
1	Consistent quality	14	Owner			
2	Experience	15.8	Owner			
3	Lack of funding	8.8	Owner			
4	No reputation yet	8.8	Owner			
5	Customer loyalty	17.5	Owner			
6	Growing market	17.5	Owner			
7	Similar enterprises	17.5	Owner			
8	Name	Importance	Owner			

Figura 41. Preenchimento sugerido da importância nas estratégias

A definição do planeamento estratégico termina na escolha da estratégia, de seguida é necessário preencher a segunda tabela referente à metodologia QFD – Tabela das Características do cliente.

3.4.3.3. Quality Deployment

Esta é a primeira tabela a ser preenchida, quando não é necessário proceder ao planeamento estratégico, e que possui influência direta no produto/serviço. É nela que se definem as necessidades/exigências do cliente, que são recolhidas através dos diversos métodos (secção 2.5.3). No seguinte exemplo – Figura 42 – como não foi requerida a

funcionalidade de preenchimento automático da importância o campo *Importance* surge para cada um dos itens, caso contrário o campo estaria omissivo – Figura 43.

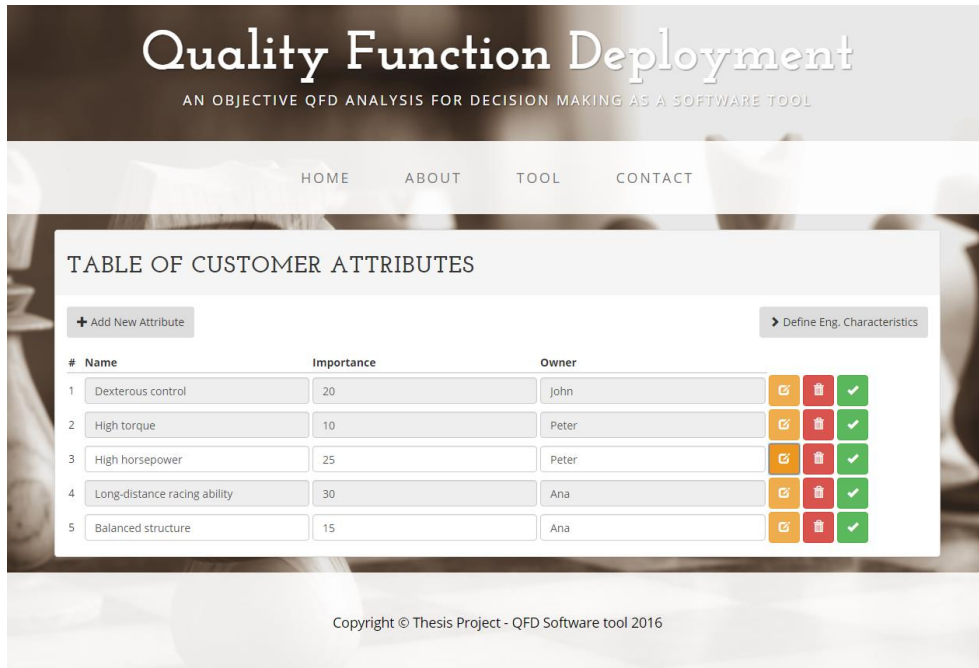


Figura 42. Recolha dos requisitos do cliente com preenchimento automático da importância desativo

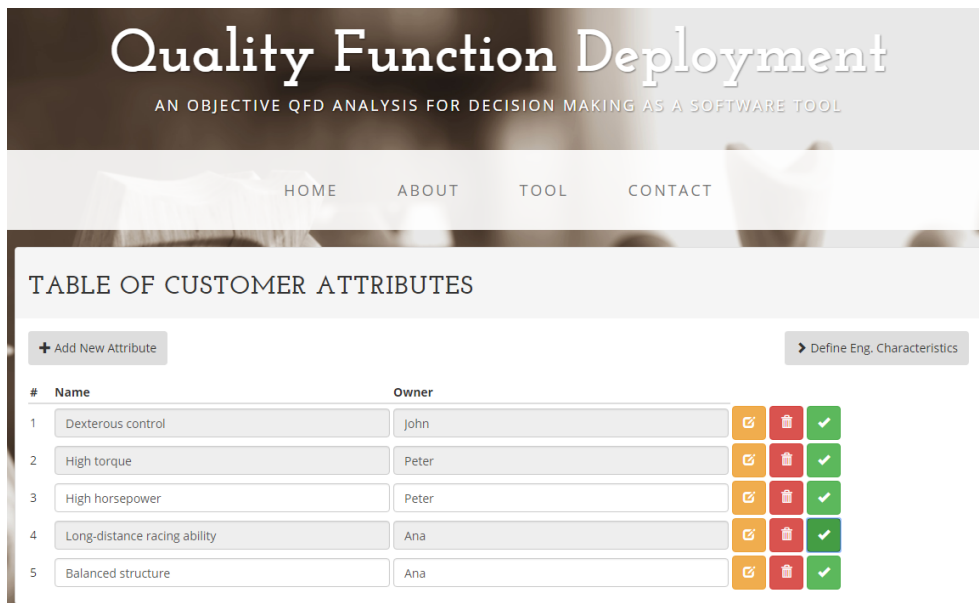


Figura 43. Recolha dos requisitos do cliente com preenchimento automático da importância ativo

A próxima tabela a preencher é a respeitante às Características de engenharia – Figura 44 – que visam a conclusão das Características do cliente anteriormente definidas. Sendo a escolha destes novos itens definida com base nos anteriores foi incluído um resumo dos mesmos do lado esquerdo da tabela, para que possam ser consultados em qualquer momento.

Quality Function Deployment
AN OBJECTIVE QFD ANALYSIS FOR DECISION MAKING AS A SOFTWARE TOOL

HOME ABOUT TOOL CONTACT

CUSTOMER ATTRIBUTES

- Name: Dexterous control
Importance: 20.0
Owner: John
- Name: High torque
Importance: 10.0
Owner: Peter
- Name: High horsepower
Importance: 25.0
Owner: Peter
- Name: Long-distance racing ability
Importance: 30.0
Owner: Ana
- Name: Balanced structure
Importance: 15.0
Owner:

TABLE OF ENGINEERING CHARACTERISTICS

+ Add New Characteristic Define Business Variables

#	Name	Target	Owner			
1	Steering mechanism	600	George			
2	Torque	140	George			
3	Horsepower	160	Sasha			
4	Battery	12	George			
5	Volume of fuel tank	100	Robson			
6	Fuel efficiency	10	Robson			
7	Total weight	2150	Robson			

Figura 44. Escolha das Características de engenharia

A Tabela das variáveis de negócio – Figura 45 – só surge quando é escolhido o Modelo proposto (*Our prioritization*) uma vez que é uma funcionalidade específica do novo modelo. Esta tabela permite a escolha de variáveis que possuam influência direta no negócio e que afetem os itens que desejamos atingir, os objetivos. Neste exemplo são utilizados os seguintes: *Cost*, *Innovation* e *Flexibility*. É através deles que se torna possível a definição da importância relativa automática dos objetivos.



Figura 45. Escolha das variáveis de negócio referentes às Características do cliente

Após o preenchimento das variáveis procede-se execução à próxima etapa. Quando todos os elementos para a utilização da ferramenta estão definidos e caso exista algum problema, é possível realizar alterações de última hora – Figura 46. As alterações são guardadas na base de dados e a HoQ é redesenhada.

QFD – Ferramenta de apoio à decisão

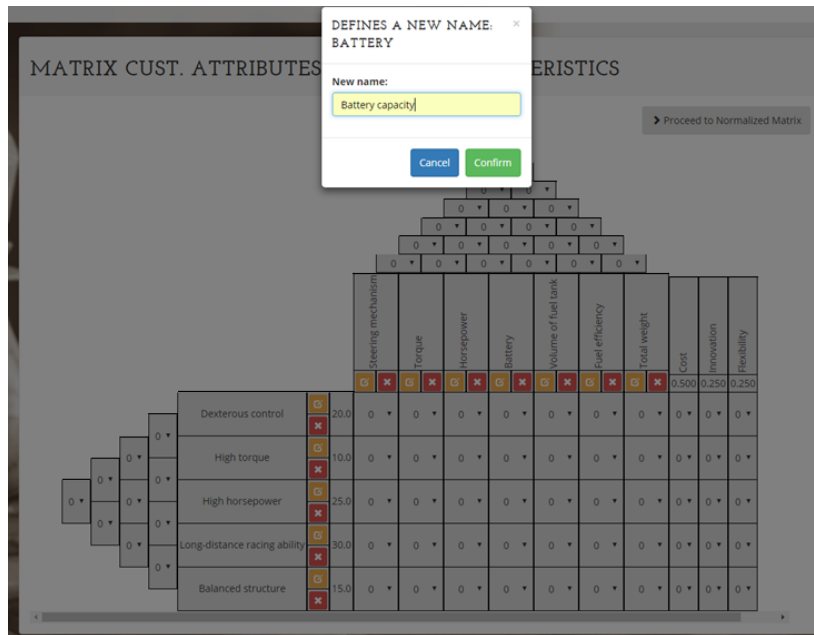


Figura 46. Alterações de última hora

Nesta fase o utilizador encontra-se em condições para a realização da intercorrelação entre as Características do cliente e as Características de engenharia (retângulo central), além das intracorrelações entre as próprias Características do cliente (triângulo esquerdo) e Características de engenharia (triângulo superior) – Figura 47. Os valores da quantificação relacional utilizados foram definidos na seção *Settings*.

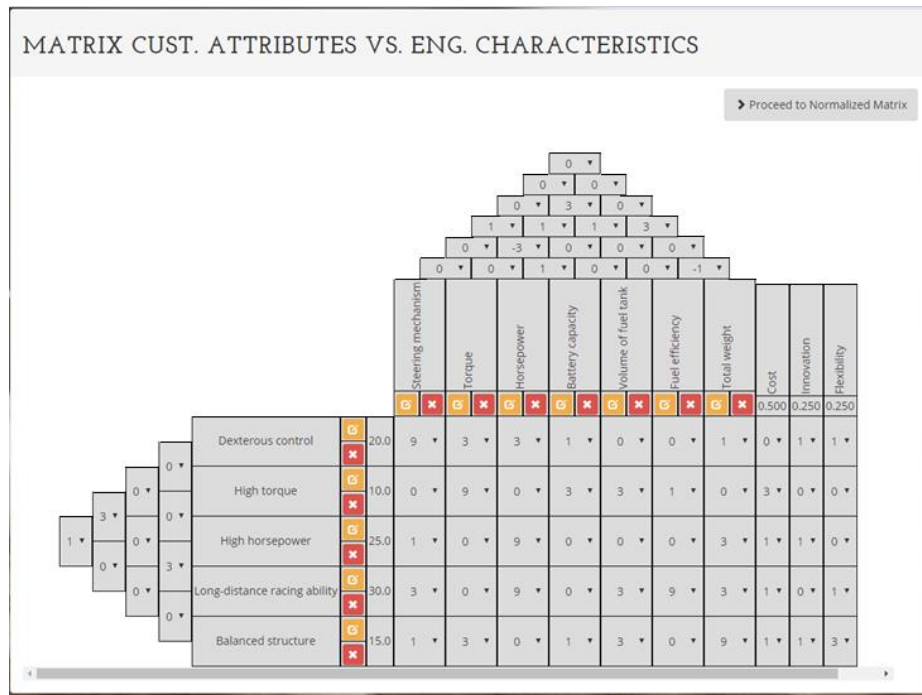


Figura 47. Preenchimento da matriz de entrada no algoritmo na QFD fase 1

Após o preenchimento da HoQ que é a matriz de entrada do algoritmo escolhido, esta é enviada para o algoritmo. Esta é a etapa onde são subtraídas as conclusões e onde os valores presentes na Figura 48 são resultado da matriz de saída do algoritmo escolhido.

A partir dos valores normalizados (retângulo central) é possível identificar quais as melhores ações a realizar para atingir um determinado objetivo. Por exemplo, para atingir a totalidade do *High horsepower* procede-se à realização do:

- *Steering mechanism* realiza 0.071;
- *Horsepower* realiza 0.697;
- *Total weight* realiza 0.232;
- Tudo somado é possível realizar totalmente o *High horsepower* ($0.071 + 0.697 + 0.232 \cong 1$).

Através da prioridade também é possível ser apurar a sequência de execução das ações:

1. *Horsepower* – 29.1%;
2. *Total weight* – 21.7%;

3. *Fuel efficiency* – 12.8%;
4. *Steering mechanism* – 12.6%;
5. *Torque* – 11%;
6. *Volume of fuel tank* – 8.8%;
7. *Battery capacity* – 4%;

Esta pode ser a última etapa se não desejar realizar mais nenhuma fase da metodologia, embora não seja aconselhável.

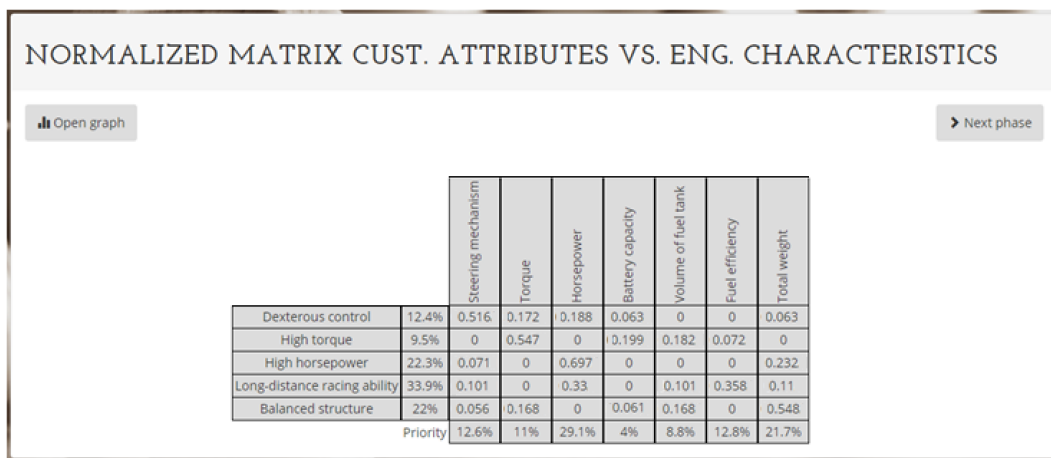


Figura 48. Matriz de saída do algoritmo na QFD fase 1

Assim sendo, passamos à próxima etapa onde são definidas as Características de peças – Figura 49. De lembrar que a prioridade da fase N transita para a fase N+1 como importância relativa – Figura 15.

Daqui em diante o procedimento é igual ao anteriormente apresentado, logo não será abordada a metodologia até à fase 5.



Figura 49. Escolha das Características de peças

3.4.3.4. Output

Após o preenchimento de uma HoQ, matriz de entrada do algoritmo, e consequente mudança para etapa seguinte é possível visualizar a matriz de saída que possui todos os valores necessários para a tomada de decisão. No entanto, a interpretação destes valores, no primeiro contacto com a ferramenta, pode induzir o utilizador em erro e fazer com que este tome uma má decisão. Desta forma, os resultados obtidos nas matrizes de saída são disponibilizados em gráficos interativos, devidamente explícitos e que apresentam a possibilidade de *download* para futura consulta – Figura 50 e Figura 51.

O acesso a estes gráficos realiza-se através do botão *Open graph* presente em cada matriz normalizada.

QFD – Ferramenta de apoio à decisão

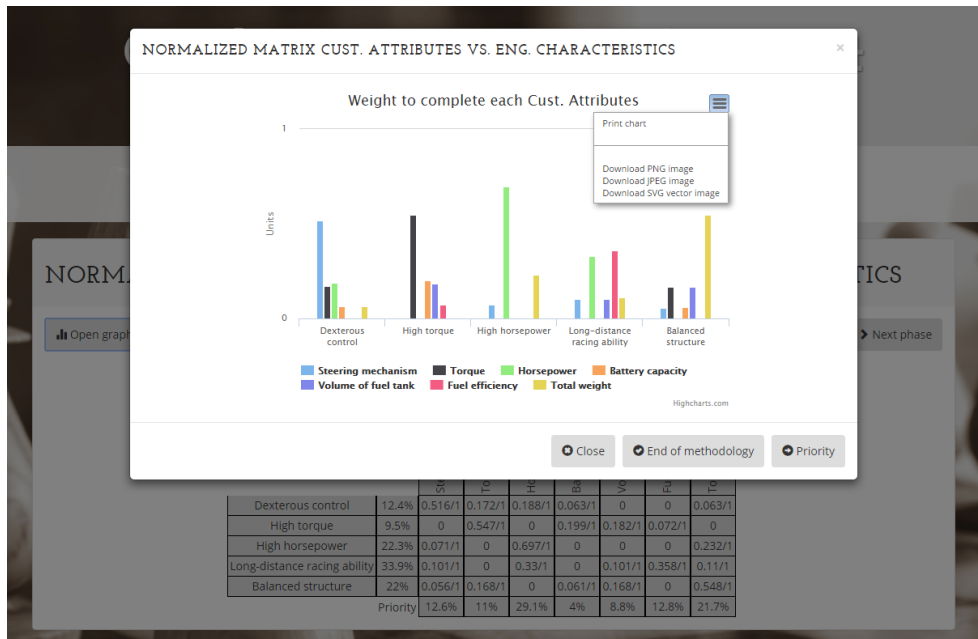


Figura 50. *Output* gráfico dos resultados da intercorrelações normalizadas da matriz de saída

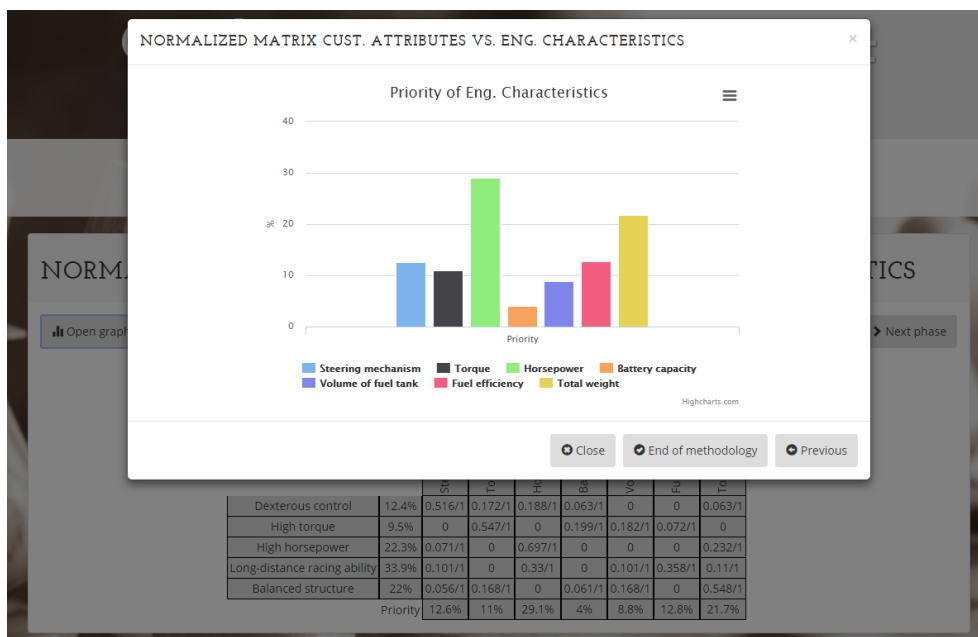


Figura 51. *Output* gráfico dos resultados da prioridade da matriz de saída

3.4.4. Contact

Neste segmento é possível aceder às funcionalidades de assistência, sendo disponibilizado o contacto telefónico e endereço eletrónico – Figura 52.

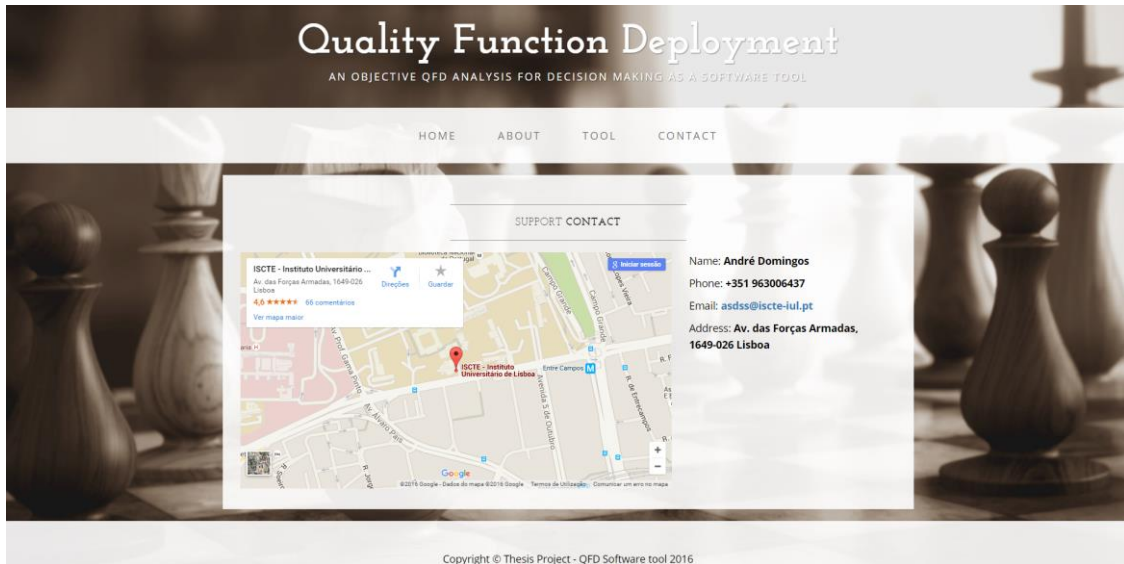


Figura 52. Contacto de assistência

A seguinte figura – Figura 53 – resume o funcionamento da ferramenta.

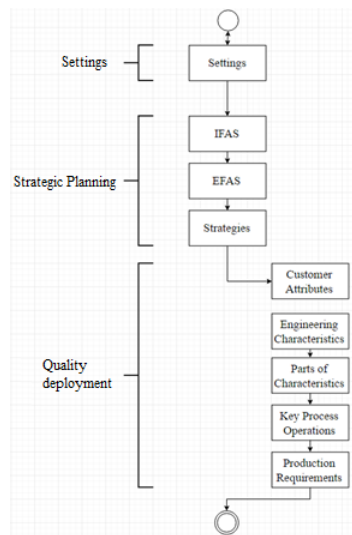


Figura 53. Esquema resumido do funcionamento da ferramenta

Todas as funcionalidades cobertas pela interface do utilizador foram abordadas, a próxima secção aborda e compara três casos distintos de priorização de ações.

Capítulo 4.

4. Resultados

A secção anterior funcionou em parte como demonstração de resultados pois abordou e testou as diversas funcionalidades presentes na ferramenta ao mesmo tempo que era apresentada a interface do utilizador. Esta, por sua vez, aborda os resultados obtidos através da utilização do Modelo proposto (*Our prioritization*).

4.1. Modelo proposto vs. Modelo de normalização e priorização de Chen & Chen

O primeiro caso é referente à publicação de Chen & Chen (2014) que retrata o planeamento de um carro telecomandado. A HoQ que fora anteriormente abordada – Figura 16, é utilizada como matriz de entrada no algoritmo e os resultados são comparados.

Chen & Chen (2014) utiliza o Modelo de normalização e priorização de Chen & Chen (*Prioritization of Chen*), onde os resultados da matriz de saída são representados a verde. Os valores representados a bordô são a representação dos resultados da matriz de saída respeitante ao Modelo proposto (*Our prioritization*).

Embora cada um dos modelos possua intervalos de correlação e intracorrelação distintos – Figura 54 – Modelo de normalização e priorização de Chen & Chen (*Prioritization of Chen*) serviu de base de conceção ao Modelo proposto (*Our prioritization*). Deste modo, é possível verificar que ambos os modelos promovem os mesmos resultados – Tabela 12.

<i>Our Prioritization</i> Correlação e intracorrelação: [-9,-3,-1,0,1,3,9]
<i>Prioritization of Chen</i> Correlação e intracorrelação dos <i>Customer Attributes</i> : [0,1,3,9] Intracorrelação dos <i>Engineering Characteristics</i> : [-0.9,-0.3,-0.1,0,0.1,0.3,0.9]

Figura 54. Diferentes intervalos/escala de correlação e intracorrelação

Tabela 12. Comparação entre o Modelo de normalização e priorização de Chen & Chen (Prioritization of Chen) e o Modelo proposto (*Our prioritization*)

Legenda: <i>Prioritization of Chen</i> <i>Our prioritization</i>		Importance	Engineering Characteristics						
			Steering mechanism	Torque	Horsepower	Battery capacity	Volume of fuel tank	Fuel capacity	Total weight
Customer attributes	Dexterous control	20.7%	0.67	0.06	0.06	0.10	0	0	0.11
		20.7%	0.67	0.06	0.06	0.10	0	0	0.11
	High torque	7.4%	0	0.49	0	0	0.37	0.14	0
		7.4%	0	0.49	0	0	0.37	0.14	0
	High horsepower	24.1%	0	0	0.49	0	0.37	0.14	0
		24.1%	0	0	0.49	0	0.37	0.14	0
	Long-distance racing ability	35.6%	0.03	0	0.22	0.13	0.50	0.07	0.05
		35.6%	0.03	0	0.22	0.13	0.50	0.07	0.05
	Balanced structure	12.2%	0	0	0	0	0	0	0.82
		12.2%	0.18	0	0	0	0	0	0.82
	Priority		17.1%	4.9%	20.9%	6.7%	29.5%	6.9%	14.1%
			17.1%	4.9%	20.9%	6.7%	29.5%	6.9%	14.1%

O exemplo abordado pelos autores Chen & Chen (2014) apenas contempla a fase 1 da metodologia QFD (fase 2 do Modelo proposto). Com o objetivo de manter a comparação de resultados o mais fiel possível, este caso termina na correlação entre as Características do cliente e as Características de Engenharia, no qual é possível concluir que a ordem de execução das últimas deve ser a seguinte: *Volume of fuel tank* (29.5%), *Horsepower* (20.9%), *Steering mechanism* (17.1%), *Total weight* (14.1%), *Fuel capacity* (6.9%), *Battery capacity* (6.7%) e por fim *Torque* (4.9%).

4.2. Modelo proposto na empresa LKAB

O segundo caso aborda a publicação de Tottie & Lager (1995) no qual é utilizada a metodologia QFD para auxiliar a equipa do projeto no planeamento e desenvolvimento de *pellets* na empresa LKAB. Os autores utilizam a escala de avaliação das intercorrelações de [0,1,3,9] que é ser traduzida qualitativamente em nula, fraca, média e forte. A escala utilizada nas intracorrelações não está explicitada de forma quantitativa, apenas qualitativa (fortemente negativa, negativa, nula, positiva, fortemente positiva), desse modo e por analogia realizada considera-se que os valores a utilizar são: [-9,-3,0,3,9].

Desta forma, os valores de intercorrelação e intracorrelação presentes na simulação onde é utilizado o Modelo proposto (*Our prioiritization*) situam-se na escala [-9,-3,-1,0,1,3,9]. Não sendo necessário proceder à definição automática da importância nem à realização do planeamento estratégico, estes itens encontram-se desativos no menu *Settings* – Figura 55.

CHOOSE THE FOLLOWING SETTINGS

Prioritization algorithm: Our prioritization ▼

Do you want the importance of the items to be set automatically?: No ▼

Influence of the business variables in the final importance: 0% ▼

Do you want to perform strategic analysis?: No ▼

Rating scale: [-9, -3, -1, 0, 1, 3, 9] ▼

Figura 55. Definições iniciais LKAB

Relativamente ao valor das intercorrelações entre as Caraterísticas do cliente e as Caraterísticas de engenharia, a seguinte figura – Figura 56 – é utilizada como matriz de entrada para o algoritmo do Modelo proposto. Os valores presentes na coluna *Importance ratings* foram normalizados face ao exemplo original de Tottie & Lager (1995).

	IMPORTANCE RATINGS	MECHANICAL PROPERTIES	METALLURGICAL PROPERTIES	CHEMICAL PROPERTIES	COST	RELIABLE DELIVERY	CUSTOMER RELATIONS
GOOD DELIVERY	17.4%	●				●	○
STABLE OPERATIONS	17.4%	○	●	○			
LOW FUEL CONSUMPTION	13%	△	●	○			
RECOVERABLE BYPRODUCTS	13%			●			△
COMPETITIVE END PRODUCTS	21.7%		●	○	●		△
GOOD COOPERATION	17.4%					○	●

Figura 56. Matriz de entrada de Tottie & Lager (1995)

Tendo sido realizada a simulação, os valores representados a verde são a representação dos resultados da matriz de saída do Modelo de Tottie & Lager (1995) e a bordô os resultados da matriz de saída do Modelo proposto (*Our prioritization*) – Tabela 13.

Tabela 13. Comparação entre o modelo utilizado por Tottie & Lager (1995) e o Modelo proposto (*Our Prioritization*)

Legenda: Tottie, Lager <i>Our prioritization</i>		Importance	Engineering Characteristics					
			Mechanical properties	Metallurgical properties	Chemical properties	Cost	Reliable delivery	Customer relations
Customer Attributes	Good delivery	17.4%	9	0	0	0	9	3
		17.4%	0.33	0	0	0	0.47	0.20
	Stable operations	17.4%	3	9	3	0	0	0
		17.4%	0.08	0.69	0.23	0	0	0
	Low fuel consumption	13%	1	9	3	0	0	0
		13%	0.03	0.73	0.24	0	0	0
	Recoverable byproducts	13%	0	0	9	0	0	1
		13%	0	0	0.93	0	0	0.07
	Competitive end products	21.7%	0	9	3	9	0	1
		21.7%	0	0.52	0.17	0.27	0	0.04
Good cooperation	17.4%	0	0	0	0	3	9	
	17.4%	0	0	0	0	0.20	0.80	
Priority		13%	29%	16%	12%	12%	15%	
		7.5%	32.8%	22.9%	5.9%	11.7%	19.2%	

Os valores relativos à priorização apresentam divergências percentuais que levam à alteração de ordem de execução das ações consoante o modelo utilizado. A utilização do Modelo proposto (*Our prioritization*) contempla a normalização dos valores da matriz central de entrada, este procedimento apresenta-se como uma mais valia pois exhibe os valores de forma proporcional e detalhada, evitando uma priorização errônea (Raharjo, 2013). Assim sendo, através do modelo proposto é possível verificar – Figura 57 – que a sequência de execução das ações é a seguinte: *Metalurgical Properties* (32.8%), *Chemical Properties* (22.9%), *Customer Relations* (19.5%), *Reliable Delivery* (11.7%), *Mechanical Properties* (7.5%), *Cost* (5.9%).

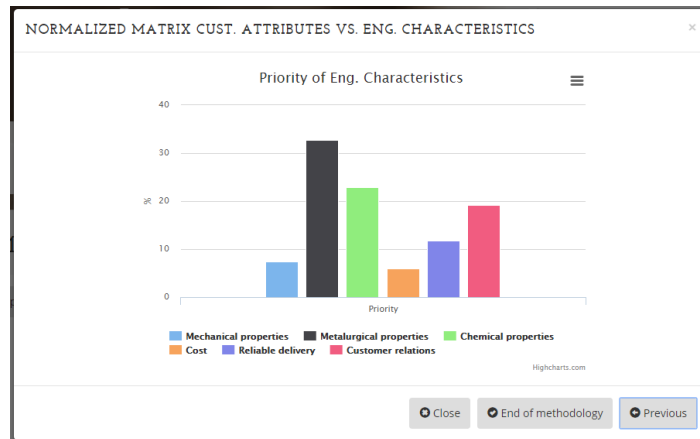


Figura 57. Prioridade das ações fase 1 da LKAB

4.3. Modelo proposto na conceção de um smartphone

O próximo caso retrata a utilização da ferramenta no planeamento da conceção de um *smartphone*, em conformidade com as necessidades e exigências de um determinado cliente. Este caso é meramente académico e foi desenvolvido para demonstrar os resultados provenientes da utilização num ambiente real.

O utilizador da ferramenta realiza uma reunião, com o seu cliente, que visa o estabelecimento do projeto, nesta são entregues os elementos fulcrais que este novo *smartphone* tem de possuir para entrar no mercado:

- *Manageable*
- *Resistant screen*
- *Cooling*
- *Customizable*
- *Corporate design*

De realçar que o utilizador da ferramenta integra uma equipa de TI numa organização jovem e em desenvolvimento crescente, desse modo é oportuno realizar um estudo prévio se a organização onde se encontra é capaz de realizar todas os objetivos impostos previamente. É realizado o planeamento estratégico, que se inicia pela análise estratégica ao ambiente interno e externo da organização, dos quais resultam os itens demonstrados na Figura 58.

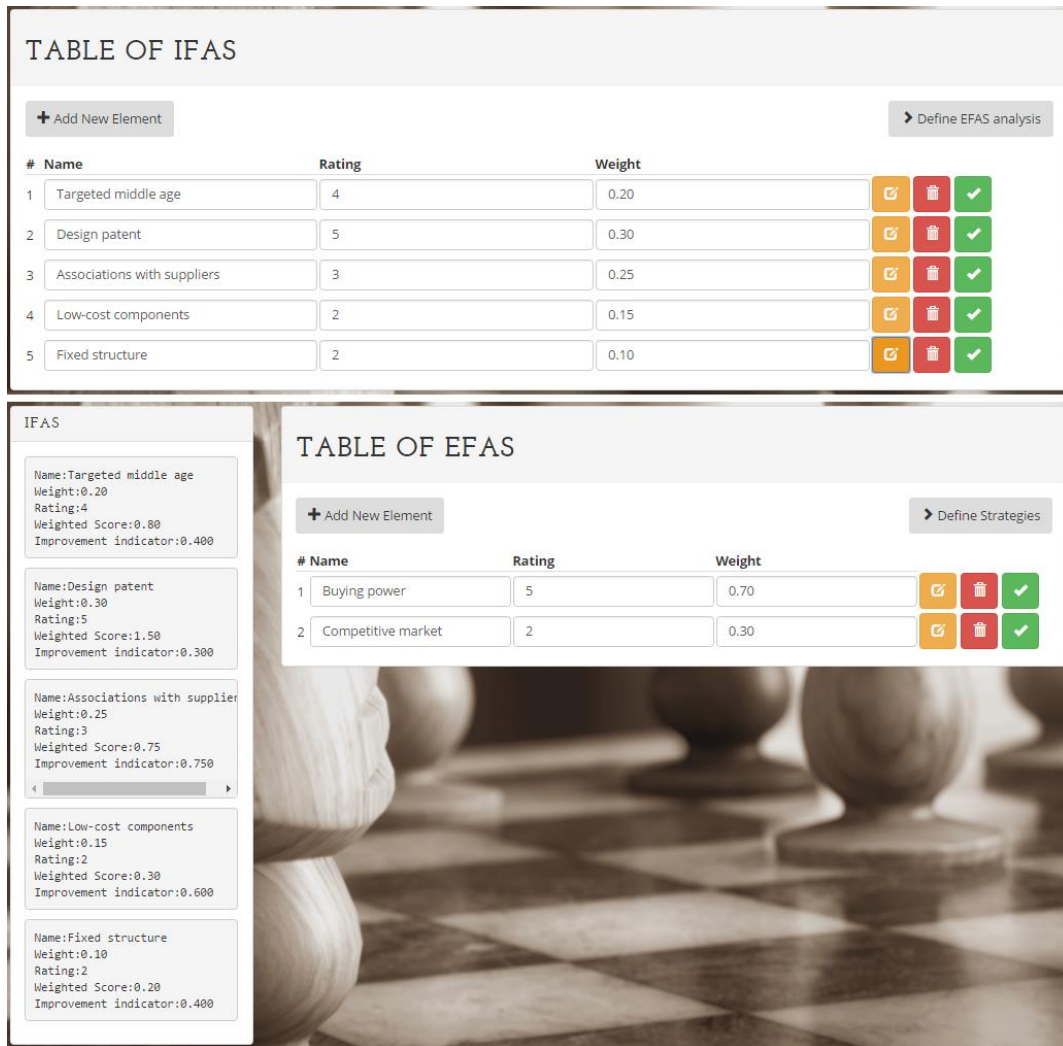


Figura 58. Análise estratégica para a concepção do *smartphone*

Através indicador de melhoria a ferramenta sugere um preenchimento dos itens respeitantes à estratégia e suas importâncias relativas. O valor da importância relativa de cada item é tanto maior quanto maior for a necessidade de melhoria, a Figura 59 demonstra os valores gerados.

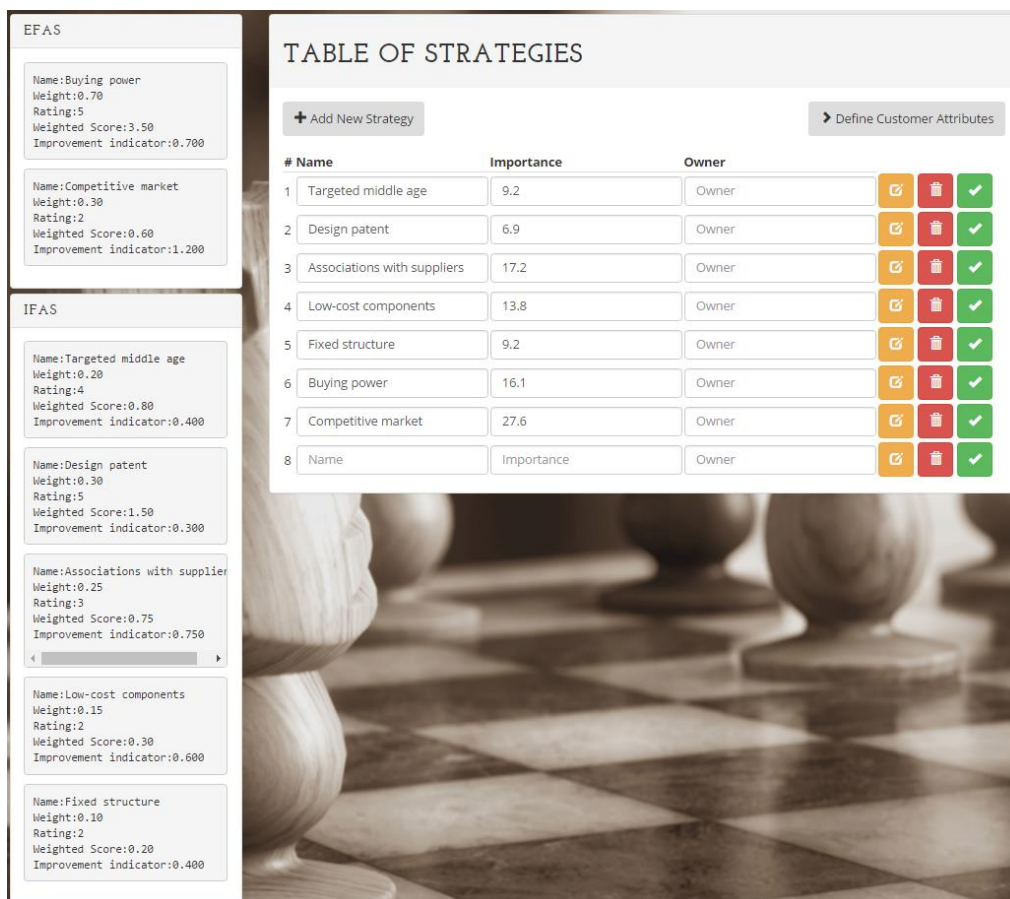


Figura 59. Estratégia sugerida para a conceção do *smartphone*

A figura anterior visa auxiliar o utilizador na identificação e quantificação dos diversos elementos da estratégia. Neste caso, o utilizador aceita a sugestão e realiza o próximo passo que define quais as Características do cliente a desenvolver – Figura 60, e preenche a matriz de entrada na fase 1 (Estratégias vs. Características do cliente) – Figura 61.

TABLE OF CUSTOMER ATTRIBUTES

+ Add New Attribute > Define business variables

#	Name	Target	Owner			
1	Manageable	Target	Owner			
2	Resistant screen	Target	Owner			
3	Cooling	Target	Owner			
4	Customizable	Target	Owner			
5	Corporate design	Target	Owner			

Figura 60. Caraterísticas do cliente para a conceção do *smartphone*

MATRIX STRATEGIES VS. CUST. ATTRIBUTES

> Proceed to Normalized Matrix

			Manageable	Resistant screen	Cooling	Customizable	Corporate design
	Targeted middle age	9.2	0	0	0	3	9
	Design patent	6.9	3	1	0	0	1
	Associations with suppliers	17.2	1	0	3	0	3
	Low-cost components	13.8	0	3	1	1	0
	Fixed structure	9.2	0	9	0	1	0
	Buying power	16.1	3	1	3	0	3
	Competitive market	27.6	1	3	3	1	3

Figura 61. Matriz de entrada na fase 1 Estratégias vs. Caraterísticas do cliente para a conceção do *smartphone*

Após os resultados obtidos provenientes da matriz de entrada na fase 1 é possível aferir a influência das diversas Caraterísticas do cliente em cada item da Estratégia a seguir – Figura 62 e Figura 63, além da ordem aconselhada de execução de cada *Customer Attribute* –

Figura 63: *Business appearance* (33.1%), *Durable screen* (20.3%), *Not heat* (18%), *Easy to handle* (17.3%), *Customizable* (11.3%).

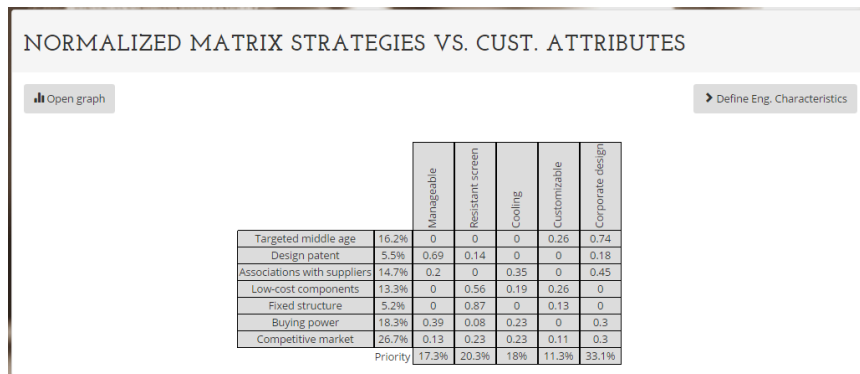


Figura 62. Matriz de saída na fase 1 Estratégias vs. Características do cliente para a concepção do *smartphone*

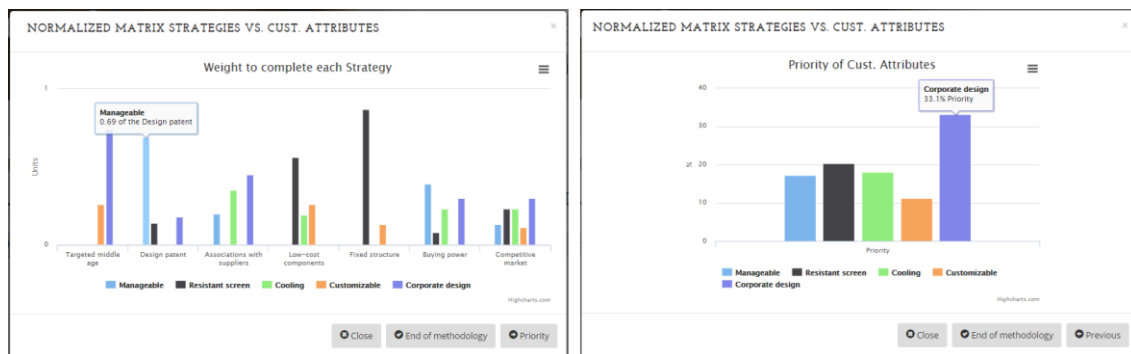


Figura 63. Representação gráfica do matriz de saída na fase 1 Estratégias vs. Características do cliente para a concepção do *smartphone*

Os resultados relativos à priorização revelam que é possível que o utilizador possa adiar a execução do item *Customizable*, apesar de representar um valor percentual admissível de não ser descartado. Assim sendo, este reúne-se com o seu cliente e aceita a lista de itens que o *smartphone* tem de possuir. Porém o cliente define que a importância dos itens está dependente do custo (50% de importância), tempo (25%) e precisão de execução (25%).

De seguida o utilizador define quais as Características de engenharia: *Light materials*, *Metal structure*, *Insulation*, *Gorilla glass screen* – Figura 64 .

QFD – Ferramenta de apoio à decisão

CUSTOMER ATTRIBUTES

Name: Manageable
Importance: 17.3
Owner:

Name: Resistant screen
Importance: 20.3
Owner:

Name: Cooling
Importance: 18.0
Owner:

Name: Customizable
Importance: 11.3
Owner:

Name: Corporate design
Importance: 33.1
Owner:

TABLE OF ENGINEERING CHARACTERISTICS

+ Add New Characteristic
> Define Business Variables

#	Name	Target	Owner			
1	Light materials	Target	Owner	✕	✕	✓
2	Metal structure	Target	Owner	✕	✕	✓
3	Insulation	Target	Owner	✕	✕	✓
4	Gorilla glass screen	Target	Owner	✕	✕	✓

STRATEGIES

EFAS

IFAS

Figura 64. Caraterísticas do cliente para a conceção do *smartphone*

Após a definição das Caraterísticas de engenharia, que visam executar a 100% de cada uma Caraterística do cliente, procede-se ao preechimento da matriz de entrada da fase 2 – Figura 65 – seguindo-se a análise dos dados referentes à matriz de saída da fase 2 – Figura 66.

MATRIX CUST. ATTRIBUTES VS. ENG. CHARACTERISTICS

> Proceed to Normalized Matrix

				-1 ▼				
				0 ▼		1 ▼		
				-1 ▼	3 ▼	1 ▼		
				Light materials	Metal structure	Insulation	Gorilla glass screen	
				✕	✕	✕	✕	
				Cost	Time	Accurate		
				0.500	0.250	0.250		
	1 ▼	Manageable	✕	17.3	9 ▼	3 ▼	0 ▼	3 ▼
	0 ▼	Resistant screen	✕	20.3	0 ▼	3 ▼	1 ▼	9 ▼
	0 ▼	Cooling	✕	18.0	1 ▼	0 ▼	9 ▼	0 ▼
	0 ▼	Customizable	✕	11.3	1 ▼	3 ▼	0 ▼	3 ▼
	0 ▼	Corporate design	✕	33.1	3 ▼	9 ▼	0 ▼	3 ▼

Figura 65. Matriz de entrada na fase 2 Caraterísticas do cliente vs. Caraterísticas de engenharia para a conceção do *smartphone*

QFD – Ferramenta de apoio à decisão

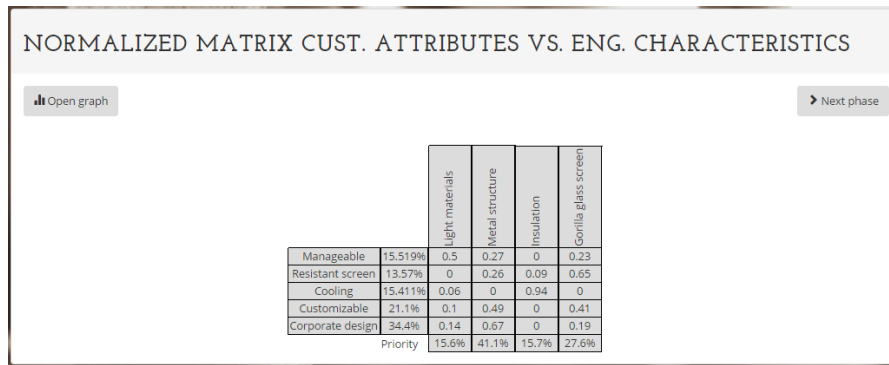


Figura 66. Matriz de saída na fase 2 Caraterísticas do cliente vs. Caraterísticas de engenharia para a conceção do *smartphone*

Os resultados referentes à priorização demonstram a seguinte execução das Caraterísticas de engenharia de modo a aumentar a eficiente da conceção do *smartphone*: *Metal structure* (41.1%), *Gorilla glass screen* (27.6%), *Insulation* (15.7%) e *Light materials* (15.6%) – Figura 66 e Figura 67.

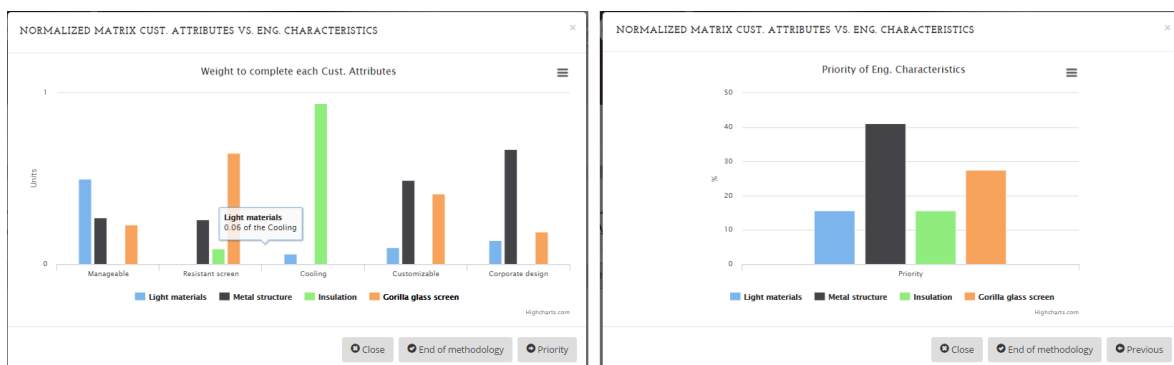


Figura 67. Representação gráfica do matriz de saída na fase 2 Caraterísticas do cliente vs. Caraterísticas de engenharia para a conceção do *smartphone*

A próxima fase a executar é a fase 3 da metodologia QFD, onde são intercorrelacionadas as Caraterísticas de engenharia e as Caraterísticas de peças. De frisar que em cada fase que se avança (até à fase 5) o nível de pormenor é maior. Dada a similaridade do preenchimento das seguintes fases, optamos por não representar as restantes (fase 3 – Caraterísticas de engenharia vs. Caraterísticas de peças, fase 4 – Caraterísticas de peças vs. Operações chave do processo, fase 5 – Operações chave do processo vs. Requisitos de produção).

Finda a representação dos resultados obtidos através da utilização da ferramenta desenvolvida, a próxima secção é referente às conclusões e trabalho futuro sobre o tema abordado ao longo da dissertação.

Capítulo 5.

5. Conclusões e trabalho futuro

Ao longo desta dissertação de mestrado foi apresentada e implementada uma ferramenta que auxilia a tomada de decisões aquando da aplicação da conjugação da metodologia QFD com um algoritmo de priorização de ações para a conceção de um produto ou serviço. Nas secções iniciais são definidos alguns tópicos de elevada relevância que minimizam o risco de falha na utilização da ferramenta, como noções básicas do planeamento estratégico, identificação dos clientes e recolha das suas necessidades para o produto a ser concebido.

É apresentado um modelo proposto que introduz novas funcionalidades ao modelo de Chen & Chen (2014). A acrescentar à normalização e priorização já disponibilizadas, este novo modelo é composto por três particularidades: Planeamento estratégico, Variáveis de negócio e Vertente quantitativa – Figura 68.

A introdução do planeamento estratégico visa minimizar as possíveis incompatibilidades que possam surgir entre as capacidades da organização e as características do cliente, além de garantir o alinhamento da estratégia com o planeamento e conceção do produto. Este planeamento é feito com base nos fatores da análise interna (IFAS) externa (EFAS) que, posteriormente, são reunidos na matriz SFAS – de onde provêm os itens e respetivos valores para a tabela de estratégia. Esta funcionalidade introduz uma nova fase à metodologia QFD

As variáveis de negócio são introduzidas com o objetivo de adicionar flexibilidade, pormenor e mais informação disponibilizada para cada objetivo a atingir, como o tempo, recursos e custos. A aplicação destas variáveis de negócio na metodologia é opcional quando o valor da importância relativa dos objetivos está definido. Contudo, no caso de ainda ser necessária a sua utilização, é selecionada uma percentagem de quanto é que a importância (calculada a partir das variáveis de negócio) vai influenciar a importância final do objetivo. Aquando da inexistência ou da uniformidade dos valores da importância relativa dos objetivos, a utilização das variáveis de negócio é obrigatória, pois há que otimizar toda a

informação recolhida. Através das correlações que estas variáveis apresentam com os objetivos, torna-se possível calcular a importância relativa dos mesmos.

A vertente quantitativa é explorada devido à existência de diversos símbolos e significados quantitativos associados que são utilizados na metodologia QFD. Em diversas publicações analisadas é possível encontrar diferentes intervalos para a quantificação das correlações entre itens. Estas mudanças sistemáticas introduzem uniformidade à utilização da QFD e assim uma crescente subjetividade associada.

Os resultados (normalizações e priorizações) provenientes das matrizes de saída de cada fase da metodologia são representados por gráficos de barras, esta funcionalidade facilita a interpretação dos dados para a tomada de decisões e permite o armazenamento dos mesmos para posterior integração em relatórios que exijam uma justificação quantitativa.

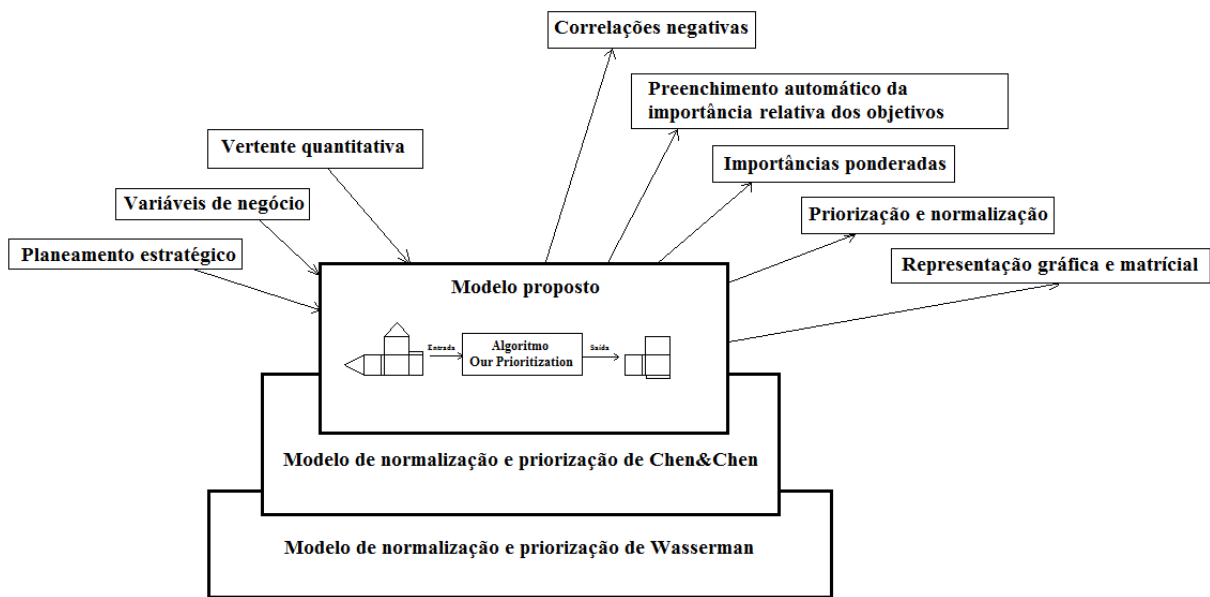


Figura 68. Funcionalidades e efeitos do modelo proposto

A seguinte tabela demonstra as diferenças entre os três modelos que são referidos ao longo desta dissertação – Tabela 14

Tabela 14. Comparações detalhadas entre modelos

	Modelo de Wasserman	Modelo de Chen & Chen	Modelo proposto
Escala de correlações	Intercorrelações: [0 – 1 – 3 – 9] Intracorrelações: [-1; 1]	Intercorrelações: [0 – 1 – 3 – 9] Intracorrelações: [-1; 1] e [0 – 1 – 3 – 9]	Intercorrelações e Intracorrelações: $\pm[1 - 3 - 9]$ e 0
Representação das correlações	Simbólica	Simbólica	Numérica
Intercorrelações e intracorrelações	Objetivos vs. Ações Ações vs. Ações	Objetivos vs. Ações Ações vs. Ações Objetivos vs. Objetivos	Objetivos vs. Ações Ações vs. Ações Objetivos vs. Objetivos
Fases da metodologia QFD	Quatro fases: 1. Caraterísticas do cliente vs. Caraterísticas de engenharia; 2. Caraterísticas de engenharia vs. Caraterísticas de peças; 3. Caraterísticas de peças vs. Operações chave do processo 4. Operações chave do processo vs. Requisitos de produção	Quatro fases: 1. Caraterísticas do cliente vs. Caraterísticas de engenharia; 2. Caraterísticas de engenharia vs. Caraterísticas de peças; 3. Caraterísticas de peças vs. Operações chave do processo 4. Operações chave do processo vs. Requisitos de produção	Cinco fases: 1. Estratégias vs. Caraterísticas do cliente 2. Caraterísticas do cliente vs. Caraterísticas de engenharia; 3. Caraterísticas de engenharia vs. Caraterísticas de peças; 4. Caraterísticas de peças vs. Operações chave do processo 5. Operações chave do processo vs. Requisitos de produção
Normalização e priorização	Ambas	Ambas	Ambas
Planeamento estratégico	Não	Não	Sim
Variáveis de negócio	Não	Não	Sim
Representação numérica e gráfica dos resultados	Numérica	Numérica	Ambas

Nesta secção são respondidas as duas questões de investigação que surgiram aquando da elaboração do estado de arte.

Pergunta 1: Será possível elaborar uma nova forma sistemática e quantitativa de reutilizar a metodologia QFD?

Resposta 1: A introdução das funcionalidades referentes ao planeamento estratégico, avaliação das correlações entre objetivos (*What's*), variáveis de negócio e definição automática da importância dos itens acrescentam abrangência e flexibilidade a esta metodologia. A representação simbólica, habitualmente utilizada, das correlações foi substituída por uma representação numérica de modo a torná-la mais coerente. Mesmo com todas estas alterações a estrutura da metodologia não foi alterada, apenas atualizada. Desta forma, quem outrora utilizava a metodologia não deverá sentir problemas de adaptação.

Pergunta 2: Se esta metodologia se apresenta tão completa e útil, porque não é adotada por mais organizações? Por falta de método da equipa de topo? Por desconhecimento?

Resposta 2: A resistência presente na introdução de uma metodologia alternativa à utilizada até então, pode ser considerada como a justificação para o fracasso da QFD na Europa. Sendo assim, é necessário que a equipa de topo assuma a iniciativa na difusão do conhecimento junto dos seus colaboradores, explicando-lhes as vantagens a curto e longo prazo da aplicação da metodologia. De modo a garantir o alinhamento da teoria apresentada, é necessário proceder a *workshops* e sessões de esclarecimento. Por fim, é vantajoso escolher planos de treino apropriados e quais os colaboradores que os executarão.

Com o objetivo de proporcionar mais e melhores funcionalidades ao dispor do utilizador, é sugerido que seja adicionada uma nova vertente de resultados no final de cada fase da metodologia. Esta nova vertente possibilitaria ao utilizador a visualização de um gráfico de *Gantt*, onde seria possível consultar as informações do tempo de execução de cada ação, assim como o seu responsável e o respetivo custo. A determinação da dependência (*start-to-start*, *start-to-finish*, *finish-to-start*, *finish-to-finish*) entre ações poderia estar dependente do grau de correlação apresentado entre elas no preenchimento da HoQ.

A adição de algoritmos de priorização alternativos seria interessante para enriquecer a experiência do utilizador, proporcionando-lhe uma abordagem diferente da atual que lhe

permitisse fazer comparações e tomar decisões. É sugerida a implementação de indicadores chave de desempenho da organização em causa, que possibilitasse fazer o acompanhamento através da *dashboards* interativos.

Anexos

Publicação

ON THE USE OF THE QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT MATRIX FOR FLEXIBLE AND QUANTITATIVE PRIORITIZATION

André Domingos, João Silva
 andre_domingos@iscte.pt, joao.silva@iscte.pt
 Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE-IUL)
 Lisbon, Portugal

ABSTRACT

The QFD methodology is totally directed to the client instead of the product, wherein the effort from all the involved departments allows the match between the client's requirements and the offered product. Therefore, it is necessary to determine the engineering characteristics that aim at satisfying those customer attributes. These engineering characteristics must be measurable, in order to provide analysis and optimization opportunities. Afterwards, the prioritization of these engineering characteristics is carried out so that they are performed in the most efficient way. Throughout the paper, the authors propose the design of a new simple, flexible and quantitative methodology of activities prioritization. Strategic planning is introduced in the QFD methodology of organization and proposes the minimization of possible incompatibilities that may arise between its capabilities and customer requirements. Business variables are introduced at different stages of the design in order to calculate with greater precision the value resulting from the prioritization and to allow nullity or uniformity of the relative importance of customer attributes. The qualitative fulfilment of the correlations of the QFD methodology is replaced by a quantitative aspect that aims to minimize the filling of errors and interpretation when using the methodology. At the end of the paper, an example of planning the design of a smartphone using the new methodology is given.

Quality Function Deployment, House of Quality, Strategic planning, Prioritization, Normalization.

I. INTRODUCTION

Quality Function Deployment (QFD) is based on a concept of quality control that focuses and coordinates skills within the organization, starting with the planning step and later conception of products with value to the client [1]. It is also based on a Total Quality Management (TQM) philosophy, which is totally directed to the client instead of the product [2] resulting in an important management tool that adapts the dynamic of the process.

It is essential to identify and segment the clients (or stakeholders) and collect their needs through one of the following methodologies: Voice of Customer (VOC) or Voice of Stakeholder (VOS) [3]. Their needs are handled and then transcribed for each phase of the product's life cycle [4] – this is hard to accomplish and its difficulty derives from the fact that we intent to define what our client really wants instead of what we think he wants [2].

After gathering the client's needs, we proceed to the translation of the items on the VOC/VOS to the customer attributes (what we will design). The functional and non-functional requirements are now identified and have different importance levels to the clients. Therefore, they should be

labeled by relative importance from the information gathered from the client/stakeholder [3].

The next step should be carried out only by the organization and it defines which are the engineering of characteristics executed to accomplish the customer attributes. These actions aim at affecting one or more customer attributes and must be measurable in order to provide analysis and optimization opportunities [2]. After identifying and choosing the main initial elements, the prioritization of the actions to be executed must be made, in order to maximize efficiency and yield the greatest value both to the company and the client.

Numerous methods of prioritizing actions in order to meet requirements have been proposed and adopted over several years. The majority of these methods and its variants were (directly or indirectly) developed based on the normalization and prioritization model proposed by Wasserman [5], in which is developed a linear programming model that considers the correlation between the engineering characteristics (to achieve the customer attributes) as a vector space and all values of the correlations between items are normalized in order to achieve consistency. This model is considered complete but has some problems related to the values of normalized correlations. Thus, the authors Chen & Chen (2014) [6] introduced improvements in the algorithm in order to enhance the accuracy of the resulting values of prioritization. The authors of this paper analyzed and improved the study presented by Chen & Chen (2014) [6] to develop a new flexible and quantitative model of actions' prioritization. The proposed model integrates strategic planning, independent business variables involved in each phase of QFD and the filling of the correlation matrix exclusively numerical – Figure 1.

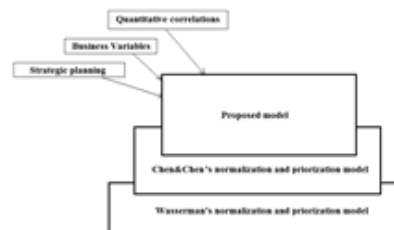


Figure 1. Proposed model

II. RELATED WORK

The users of QFD methodology and the client define the importance for each customer attribute to include in the product matrix, where the sum of the degree of importance must equal 100, regardless of the number of requirements – Figure 2. The values that are at the intersection between customer attributes and engineering characteristics are defined by intercorrelation and can be depicted on a scale that varies between 0 (no correlation), 1 (weak correlation), 3 (medium correlation) and 9 (strong correlation) [7].

	Degree of Importance	Eng. Characteristic 1	Eng. Characteristic 2	Eng. Characteristic 3	Eng. Characteristic 4	Eng. Characteristic 5	Eng. Characteristic 6	Demand Weight	Relative Demand Weight
Cust. attribute 1	5	●	●	●	●	●	●	225	20.83
Cust. attribute 2	95	●						855	79.17

● : 9 points
 ○ : 3 points
 △ : 1 point

Figure 2. Correlation and relative importance. Based on Wasserman [5]

The client's attributed importance to each requirement is referred to as degree of relative importance (d_i), and is used in the calculation of the Demanded Weight for each requirement. This value represents the sum of the correlation line multiplied by the degree of importance that is obtained by equation (1) (where d_i represents the degree of relative importance and $R_{i,j}$ the correlation between the customer attribute i and the engineering characteristic j). However, these values are not subsequently used to calculate the priority of execution of the actions. Instead, the Relative Demanded Weight, which is nothing more than the Absolute Demanded Weight expressed as percentages, is used.

$$w_i' = d_i \cdot \sum_{j=1}^n R_{i,j} \quad (1)$$

In order to improve the perception of the data present in the matrix, Wasserman normalizes the QFD input values. The equation (2) ($R'_{i,j}$) defines the new value corresponding to the new correlation between the i (customer attribute) and j (engineering characteristic) which is calculated using the correlation value divided by the row sum of several correlations. However, this solution can only be used when the engineering characteristics involved are totally independent, which in practice is not possible.

$$R'_{i,j} = \frac{R_{i,j}}{\sum_{j=1}^n R_{i,j}} \quad (2)$$

Therefore, Wasserman [5] extends the normalization in order to incorporate the dependence of the engineering characteristics - represented by the top triangle at the House of Quality (HoQ) - Figure 3. The equation (3), based on equation (2), shows a new value of correlation, taking into account the intra-correlation γ between k and j (engineering characteristics).

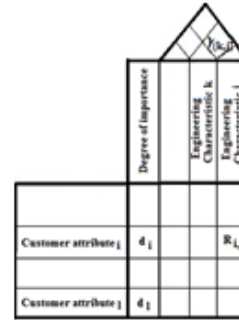


Figure 3. HoQ structure of Wasserman

$$R'_{i,j} = \frac{\sum_{k=1}^n R_{i,k} \cdot \gamma_{k,j}}{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n R_{i,k} \cdot \gamma_{k,j}} \quad (3)$$

However, this equation indicates a huge incongruity associated with the emergence of intercorrelation when previously it was null [6] – Figure 4. To avoid this situation, Chen & Chen [6] propose a new normalization model – equation (4) based on the previous equation, where $\gamma_{k,j} \in [-1,1]$ and $\gamma_{k,j} = 1$ when $k = j$. One detail that should be taken into account is when $\sum_{k=1}^n \gamma_{k,j} \leq 0$, in this case the project team should recheck the correlations or even the actions [6].

$$R''_{i,j} = \frac{(\sum_{k=1}^n \gamma_{k,j}) \cdot R_{i,j}}{\sum_{j=1}^n (\sum_{k=1}^n \gamma_{k,j}) \cdot R_{i,j}} \quad (4)$$

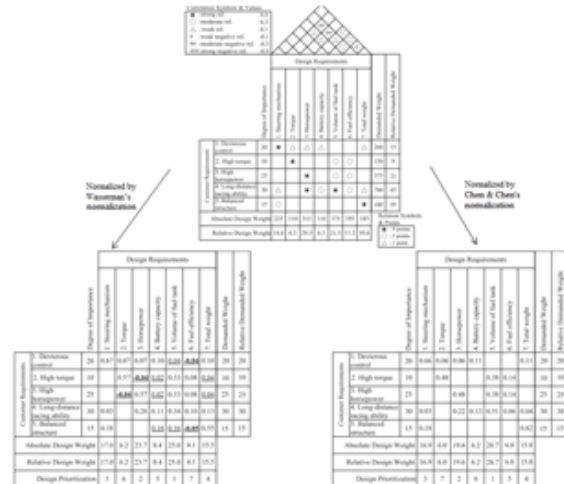


Figure 4. Comparison of normalization algorithms [6]

Therefore, the central matrix of HoQ is normalized, but we still need to explore the influence of dependence of customer attributes for the calculation of the engineering characteristics' priority. Regarding this field, Wasserman [5] assumes that all requirements are mutually independent. On the other hand, Chen & Chen [6] develop equation (5), which includes the possible existence of several dependence levels between all customer attributes involved in this methodology – Figure 5.

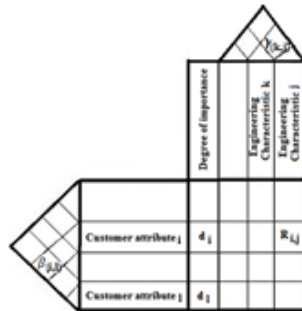


Figure 5. HoQ structure of Chen&Chen

Equation (5) gives us the final degree of importance (d_i), decided by the customer at the customer attributes' collection, along with the values of dependence β of customer attributes i and l where β_{il} can be [0-1-3-9].

$$d_i^{final} = \frac{(\sum_{j=1}^n \beta_{ij}) \cdot d_i}{\sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^n \beta_{ij}) \cdot d_i} \quad (5)$$

At this point, all the elements needed for determination of execution priority are gathered. Chen & Chen [6] consider that through the equation (6) is possible to determine the technical importance rating, also known as priority execution, for each engineering characteristic j and then sort the results to obtain the most priority.

$$w_j^{final} = \sum_{i=1}^n d_i^{final} \cdot R_{ij} \quad (6)$$

Figure 6 represents the influence of Chen&Chen's normalization and prioritization algorithm in the input matrix.

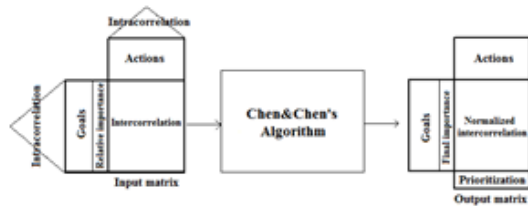


Figure 6. Output matrix of Chen&Chen's algorithm

The core structure of the prioritization has been fully displayed, but the flexibility of the QFD allows the user to add any other information that might be useful to the decision making [2].

According to the study performed by Wasserman [5] and updated by Chen&Chen [6], the authors of this publication propose a model that integrates negative correlations, strategic planning and business variables in QFD methodology based on Chen&Chen's work.

III. SOLUTION DESIGN

We begin by deciding which values to use in the filling of the QFD. Subsequently, it is presented the strategic planning that minimizes the risk of failure between the capabilities of the organization and the customer attributes,

which adds a new phase to QFD. At the end of this section the new equations that integrate business variables are represented. These equations allow absence or uniformity of choosing the customer attributes' relative importance degree. In this publication it is assumed that the data present in the matrix is consistent, in order to simplify the problems related with uncertainty.

A. Quantification and correlations values

QFD performs the transfer of multiple sets of information through its phases – Figure 6, also known as deployments. These deployments promote the transformation of sets in other sets endowed with more details [3] – Figure 7. In this subsection, we aim to demonstrate which language is used in the quantification and prioritization along these transfers.



Figure 6. Four-phase of QFD



Figure 7. Transfer of information between phases

The language used allows the use of all operators and mathematical techniques capable of managing real numbers [7]. Instead of commonly used scales, Classical and Modern QFD [3], this one has negative elements in order to cover all other events between the several items that are notoriously incompatible. The 7 points scale to use is: {-9; -3; -1; 0; 1; 3; 9}, wherein ± 9 is for a strongly positive/negative correlation, ± 3 for a moderate positive/negative correlation, ± 1 for a weak positive/negative correlation and 0 when there is no correlation. In other words, we performed the uniformity of values used in the correlations – table 1.

	Wasserman (1993) [5]	Chen & Chen [6]	Proposed model
R_{ij}	[0 - 1 - 3 - 9]	[0 - 1 - 3 - 9]	$\pm [1 - 3 - 9]$ and 0
γ_{kj}	[-1;1]	[-1;1]	
β_{il}	-	[0 - 1 - 3 - 9]	

Table 1. Comparison of the correlation values

Unlike the models discussed, this proposed model leaves the graphical representation of the correlations for a numerical representation in order to minimize potential misreads.

B. Strategic Planning

After determining which scales will be used in the normalization and prioritization of the multiple items, we do a strategic planning within the organization that we are adjacent to. This step allows that the requirements chosen are those that

can be realized and are not out of the organization's capabilities.

This publication explored the Internal Factors Analysis Summary (IFAS), External Factors Analysis Summary (EFAS) approach. Both are composed of four columns – table 2: The first is the name of the item. The second is the weight of each item that is rated from 0 to 1 and the sum of the weights of all the items must be equal to 1. The third column is the rating between 1 and 5, and represents the organization's ability to act towards that item. Finally, the last column calculates the weighted score resulting from multiplication between the weight and the rating. The sum of the weighted score is commonly used in benchmarking comparisons.

Name	Weight	Rating	Weighted Score
Item1	0.25	2	0.50
Item2	0.25	1	0.25
Item3	0.50	5	2.5

Table 2. Structure of factors analysis summary

Faced with the original table of IFAS and EFAS, the authors of this publication add a fifth column which allows determine a value that indicates how much the item needs to be improved. This column is denominated by improvement indicator and it is determined by the following equation (7). The rating is inverted in order of the obtained value be increased as the need to improve.

$$Improvement\ Indicator_{item} = weight_{item} \cdot (5 - rating_{item}) \quad (7)$$

IFAS or EFAS Table				
Name	Weight	Rating	Weighted Score	Improvement indicator
Item1	0.25	2	0.50	1
Item2	0.25	1	0.25	1.25
Item3	0.50	5	2	0.50

Table 3. Structure of factors analysis summary with improvement indicator

Having realized the fulfillment of IFAS and EFAS tables emerges the strategy table – table 4 - with items from previous tables and a value of suggested importance for each item m – equation (8).

$$Imp_{m} = \left(\frac{Improvement\ Indicator_{m}}{\sum_{n=1}^{m} Improvement\ Indicator_{n}} \right) \cdot 100 \quad (8)$$

Strategies	
Name	Suggested Importance
Item1	36.4%
Item2	45.5%
Item3	18.2%

Table 4. Structure of Strategies' table

This step adds a new phase in QFD methodology and thus enables the alignment of strategy with the planning and design of the product – Figure 8.



Figure 8. Five-phase of QFD

C. Business variables, normalization and prioritization equations

All the elements are ready to proceed with the normalization and subsequent prioritization. The following equations are used in the new flexible and quantitative methodology to calculate the priority of items throughout the several stages of HoQ.

After the contact with the client, the gathering of needs and translation into customer attributes, determination of strategies and the correlation matrix filling (with the range of the aforementioned values), it's time to begin defining what items will be performed in first instance.

It is essential to be aware that the client does not always provide all the information needed to design the product. Given this situation, we must optimize all the information that is provided in order to reach the goals.

Supposing that the client does not provide the degree of importance to each customer attribute, we need to collect this information through other means. These business variables are applied only to items that are in horizontal position for each phase of the methodology – Figure 9. Each business variable has a name and weight.

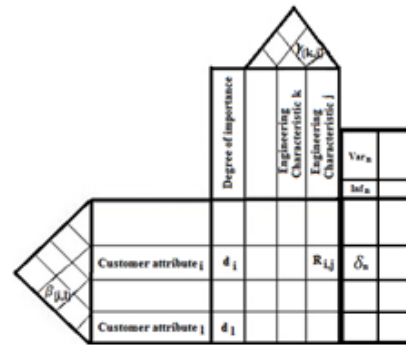


Figure 9. HoQ structure of proposed model

Through the weight (Inf_n) and the correlation (δ_n) with the item i you can determine the value of relative importance – equation (11) – when it is missing (100% of importance) or influence the value of relative importance provided by the client (x), when we can apply it – equation (12). In equation (11) and (12) the symbol β shows the intra-correlation between the list of customer attributes items i and l (figure 2) and d_i shows the importance provided by the client to item i

$$Business\ Variable\ Importance_{m} = \sum_{n=1}^{*Business\ variable} Inf_n \cdot \delta_{m,n} \quad (10)$$

$$d'_i = \frac{(\sum_{l=1}^n \beta_{i,l}) \cdot Business\ Variable\ Importance_i}{\sum_{l=1}^n (\sum_{i=1}^n \beta_{i,l}) \cdot Business\ Variable\ Importance_i} \quad (11)$$

$$d'''_i = d''_i \cdot \frac{\alpha}{100} + \left(\frac{\sum_{j=1}^n \beta_{ij} \cdot d_i}{\sum_{j=1}^n \beta_{ij} \cdot d_i + d_i} \right) \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{100} \right) \quad (12)$$

Finally, the remaining equations to achieve the prioritization values are equation (3) to normalize the values of intercorrelation matrix and equation (6) to achieve the prioritization values. The value of d'''_i – on equation (6) – can be d'''_i – equation (11) or d'''_i – equation (12), it depends on the situation provided by the client.

IV. EVALUATION

In the following example, we assume that the first steps of the QFD method are already accomplished. The client has chosen the following items as customer attributes: Manageable, Resistant screen, Cooling, Customizable, Corporate design. The organization is new on the market and before accepting the requirements, it is performed a strategic analysis - tables 5, 6, 7.

IFAS				
Name	Rating	Weight	Weighted Score	Improvement Indicator
Targeted middle people	4	0.20	0.80	0.40
Design patent	5	0.30	1.50	0.30
Associations with suppliers	3	0.25	0.75	0.75
Low-cost components	2	0.15	0.30	0.60
Fixed structure	2	0.10	0.20	0.40

Table 5. IFAS of the organization

EFAS				
Name	Rating	Weight	Weighted Score	Improvement Indicator
Buying power	5	0.70	3.5	0.70
Competitive market	2	0.30	0.60	1.2

Table 6. EFAS of the organization

Strategy	
i	Importance - equation (8)
Targeted middle people	9.2%
Design patent	6.9%
Associations with suppliers	17.2%
Low-cost components	13.8%
Fixed structure	9.2%
Buying power	16.1%
Competitive market	27.6%

Table 7. Importance of strategies

At this point, it is possible to perform the intercorrelation between the strategy and the customer attributes

to avoid potential problems – figure 10. The following business variables are used: cost, time and accurate, being that each of the variables possesses a distributed influence of 50%, 25% and 25%, respectively. Therefore the equations used in the calculation are the following: equation (4) for normalization of the intercorrelation matrix values, equation (12) to define the importance of each item of strategy and equation (6) (business variables were used and influenced the final importance value by 50%) – table 8 – for the prioritization of items of the customer attributes.

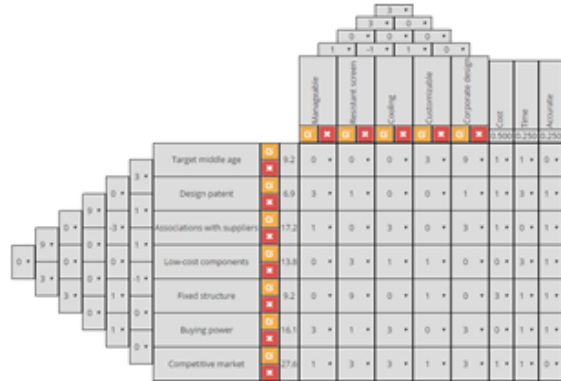


Figure 10. Input matrix Strategies vs. Customer attributes

As can be seen in Figure 11, the customer attributes have the following priority values, which are transferred as the relative importance to the next stage of the methodology – Figure 7.

	Manageable	Resistant screen	Cooling	Customizable	Corporate design
Target middle age	10.513%	0	0	0.26	0.74
Design patent	5.998%	0.69	0.14	0	0.18
Associations with suppliers	12.04%	0.2	0	0.35	0.45
Low-cost components	13.724%	0	0.56	0.19	0.26
Fixed structure	8.867%	0	0.87	0	0.13
Buying power	22.66%	0.39	0.08	0.23	0.3
Competitive market	26.148%	0.13	0.23	0.23	0.11
Priority	18.8%	24.1%	18%	10.3%	28.9%

Figure 11. Normalization and prioritization between Strategies vs. Customer attributes

This example only includes the implementation of QFD methodology to the first phase.

V. CONCLUSION

Our goal is to create a methodology that stands out for its simplicity and assertiveness while using this matrix method, in which we introduce negative values for the correlation, one more phase, automatic importance of goals and weighted final importance that supplements the definition of priority.

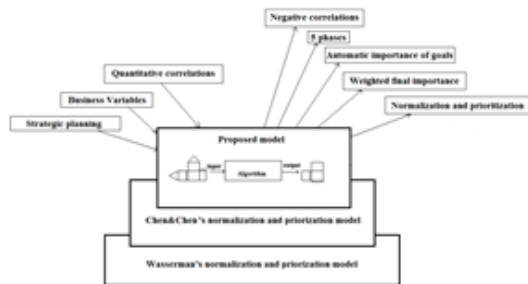


Figure 14. Improvements of proposed model

We plan to keep implementing the core of the Traditional QFD instead of the Modern QFD, mitigating its problems and adapting it to the main focus: the client's satisfaction.

Lately, Modern QFD has been increasingly exploited and used [8]–[10], presenting itself more focused on speed, efficiency, rare use of matrices and the application of several additional tools. Modern QFD uses AHP for the prioritization of actions, providing an easy and accurate analysis, but it also has some shortcomings regarding cost and time [11]. However, the reduction of costs, improvement of product marketing, increased profits and reduced time to market are the main objectives of the organizations. Therefore, the methodologies using the matrix method should be adopted when quick results are needed.

REFERENCES

[1] J. R. Hauser and D. Clausing, "The house of quality," *Harv. Bus. Rev.*, pp. 63–73, 1988.

[2] C. P. M. Govers, "What and how about quality function deployment (QFD)," *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 46–47, no. 95, pp. 575–585, 1996.

[3] BSI Standards, "BSI Standards Publication Application of statistical and related methods to new technology and product development process Part 1: General principles and perspectives of Quality Function Deployment (QFD)," 2015.

[4] E. Burke, J. M. Kloeber, and R. F. Deckro, "Using and Abusing QFD Scores," *Qual. Eng.*, vol. 15, no. 1, pp. 9–21, 2002.

[5] G. S. Wasserman, "On How To Prioritize Design Requirements During The QFD Planning Process," pp. 37–41, 1993.

[6] L. Chen and C. Chen, "Normalisation models for prioritising design requirements for quality function deployment processes," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 52, no. 2, pp. 299–313, 2014.

[7] F. Franceschini and A. Rupil, "Rating scales and prioritization in QFD," *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, vol. 16, no. 1, pp. 85–97, 1999.

[8] G. H. Mazur, "QFD for Membership Organizations — Practicing What We Teach," 2013.

[9] K. Mazur and Q. F. D. B. Belt, "Elementary QFD: Using QFD to Assess and Evaluate the Learning Environment of a Private School Library and to Systematically Engage an ISACS Review," 2012.

[10] G. Ozdağoğlu and L. Salum, "Modern QFD-based requirements analysis for enterprise modelling: enterprise-QFD," *Int. J. Comput. Integr. Manuf.*, vol. 22, no. 12, pp. 1102–1127, 2009.

[11] H. Wang, M. Xie, and T. N. Goh, "A comparative study of the prioritization matrix method and the analytic hierarchy process technique in quality function deployment," *Total Qual. Manag.*, vol. 9, no. January, pp. 421–430, 1998.

Referências bibliográficas

- Anjard, R. P. (1995). Management and planning tools. *Training for Quality*, 3, 34–37.
- António, N. S. (2015). Gestão da Qualidade ISCTE-IUL.
- BSI Standards. (2015). BSI Standards Publication Application of statistical and related methods to new technology and product development process Part 1 : General principles and perspectives of Quality Function Deployment (QFD).
- Burke, E., Kloeber, J. M., & Deckro, R. F. (2002). Using and Abusing QFD Scores. *Quality Engineering*, 15(1), 9–21. <http://doi.org/10.1081/QEN-120006707>
- Chan, L.-K., & Wu, M.-L. (2002). *Quality function deployment: A literature review. European Journal of Operational Research* (Vol. 143). [http://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00178-9](http://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00178-9)
- Chan, L.-K., & Wu, M.-L. (2005). A systematic approach to quality function deployment with a full illustrative example. *Omega*, 33, 119–139. <http://doi.org/10.1016/j.omega.2004.03.010>
- Chen, L., & Chen, C. (2014). Normalisation models for prioritising design requirements for quality function deployment processes. *International Journal of Production Research*, 52(2), 299–313. <http://doi.org/10.1080/00207543.2013.812813>
- Cristiano, J., Liker, J., & White, C. (2000). Customer Driven Product Development Through Quality Function Deployment in the US and Japan. *Journal of Product Innovation*.
- Curry, E., & Grace, P. (2008). Flexible Self-Management Using the Model-View-Controller Pattern. *IEE Computer Society*, 84–90.
- Davidovic, N., & Jovanovic, T. (2012). Strategic Factor Analysis Summary- Applicability in the Case of City Tourism in Novi Sad (Serbia). *Advanced Research in Scientific Areas 2012*, 62–66. Retrieved from <http://www.arsa-conf.com>
- Dillon, A. (2003). User Interface Design. *MacMillan Encyclopedia of Cognitive Science*, 4, 453–458.
- Downey, J. (2007). Strategic Analysis Tools. *Cima*, (34), 1–16.
- Dyson, R. G. (2004). Strategic development and SWOT analysis at the University of Warwick. *European Journal of Operational Research*, 152(3), 631–640. [http://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00062-6](http://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00062-6)
- Flanagan, D. (2011). *JavaScript - The Definitive Guide. Journal of Chemical Information and Modeling* (6th ed., Vol. 53). O'Reilly Media. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Getting started - Bootstrap. (2016). Retrieved from <http://getbootstrap.com/getting-started/>
Acedido a 28/09/2016

- GOAL/QPC. (1995). Quality Memory Jogger, 1–160.
- Govers, C. P. M. (1996). What and how about quality function deployment (QFD). *International Journal of Production Economics*, 46-47(95), 575–585. [http://doi.org/10.1016/0925-5273\(95\)00113-1](http://doi.org/10.1016/0925-5273(95)00113-1)
- Govers, C. P. M. (2001). QFD not just a tool but a way of quality management. *International Journal of Production Economics*, 69(2), 151–159. [http://doi.org/10.1016/S0925-5273\(00\)00057-8](http://doi.org/10.1016/S0925-5273(00)00057-8)
- Hauser, J. R., & Clausing, D. (1988). The house of quality. *Harvard Business Review*, 63–73. <http://doi.org/10.2307/1341164>
- Henthorne, K. D., Refsnes, H., Refsnes, S., Refsnes, K. J., & Refsnes, J. E. R. (2010). *Learn Javascript and Ajax with w3schools*. Wiley Publishing. Retrieved from http://www.neginestar.com/temp_uploads/pdf/Learn_JavaScript_and_Ajax_with_w3Schools.pdf
- Hevner, A., & Chatterjee, S. (2010). Design Research in Information Systems, 22, 9–23. <http://doi.org/10.1007/978-1-4419-5653-8>
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). Design Science in Information Systems Research. *MIS Quarterly*, 28(1), 75–105. <http://doi.org/10.2307/25148625>
- Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1998). *Juran's Quality Control Handbook*. McGrawHill. <http://doi.org/10.1108/09684879310045286>
- Kanji, G. K. (1990). Total quality management: the second industrial revolution. *Total Quality Management*, 1(1), 3–12. <http://doi.org/10.1080/09544129000000001>
- Karsak, E. E. (2004). Fuzzy multiple objective decision making approach to prioritize design requirements in quality function deployment. *International Journal of Production Research*, 42(18), 3957–3974. <http://doi.org/10.1080/00207540410001703998>
- Leff, A., & Rayfield, J. T. (2001). Web-application development using the Model/View/Controller design pattern. *Proceedings - 5th IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference, 2001-Janua*(January), 118–127. <http://doi.org/10.1109/EDOC.2001.950428>
- Mazur, G. (1993). QFD for service industries. *Proceedings of the Fifth Symposium on Quality*. Retrieved from [http://www.iienet.org/uploadedfiles/IIE/Education/Six_Sigma_Black_Belt_Transition/QFD For Service Industries.pdf](http://www.iienet.org/uploadedfiles/IIE/Education/Six_Sigma_Black_Belt_Transition/QFD_For_Service_Industries.pdf)
- Neave, H. R. (1987). Deming's 14 Points for Management: Framework for Success. *Journal of the Royal Statistical Society. Series D (The Statistician) The Statistician*, 36(36), 561–570. <http://doi.org/10.2307/2348667>
- Nelson, L. S. (1999). Notes on the Shewhart Control Chart.
- Ocariza, F., Bajaj, K., Pattabiraman, K., & Mesbah, A. (2013). An empirical study of client-

- side JavaScript bugs. *International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement*, 55–64. <http://doi.org/10.1109/ESEM.2013.18>
- Oesterwalder, A., Pigneur, Y., Smith, A., Bernarda, G., & Papadakos, P. (2014). *Value Proposition Design. Statewide Agricultural Land Use Baseline 2015* (Vol. 1). John Wiley & Sons, Inc.
- Ohrt, M., & Zmievski, A. (2003). *Smarty - the compiling PHP template engine* (2nd ed.).
- Raharjo, H. (2013). On normalizing the relationship matrix in quality function deployment. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 647–661. <http://doi.org/10.1108/02656711311325601>
- Shafer, S. M., Smith, H. J., & Linder, J. C. (2005). The power of business models. *Business Horizons*, 48(3), 199–207. <http://doi.org/10.1016/j.bushor.2004.10.014>
- Taei, P. (2013). 10 Advantages of PHP over other languages. Retrieved January 1, 2016, from <http://www.webnethosting.net/10-advantages-of-php-over-other-languages/>
- Tottie, M., & Lager, T. (1995). QFD - Linking the customer to the product development process as a part of the TQM concept. *R&D Management*, 25(3), 257–267. <http://doi.org/10.1111/j.1467-9310.1995.tb00917.x>
- Van Ho, P. (2011). Total Quality Management Approach to the Information Systems Development Process: An Empirical Study, 1–287. <http://doi.org/10.1504/IJBIR.2012.046628>
- Wasserman, G. S. (1993). On How To Prioritize Design Requirements During The QFD Planning Process, 37–41. <http://doi.org/10.1080/07408179308964291>
- Winter, R. (2008). Design science research in Europe. *European Journal of Information Systems*, 17(5), 470–475. <http://doi.org/10.1057/ejis.2008.44>
- Zairi, M., & Youssef, M. a. (1995). Quality function deployment: a main pillar for successful total quality management and product development. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 12(6), 9–23. <http://doi.org/10.1108/02656719510089894>