

## ***Agradecimentos***

Para a realização deste trabalho algumas pessoas me ajudaram e sem as quais não teria sido fácil consegui-lo. A todas elas, as quais seria exaustivo aqui enunciar, a minha profunda gratidão.

A algumas delas pelo apoio especial que me prestaram ao longo deste trabalho gostaria de agradecer especialmente:

Ao Professor Paulo Cruz, que aceitou orientar a minha dissertação de mestrado, revelando uma especial delicadeza e atenção no trato. Os seus conselhos e sugestões bem como a permanente valorização do trabalho desenvolvido e entusiasmo contagiante foram determinantes para o resultado final alcançado.

Ao doutor Pedro Pimenta, pela sua colaboração no desenvolvimento da tese.

Aos meus pais e irmã que sempre me apoiaram e incentivaram ao longo de toda a minha vida escolar e académica.

Á minha esposa pelo apoio e carinho e por me ter conseguido aturar, principalmente nos últimos tempos.

Ao meu tio Zé pela amizade, incentivo e constante motivação que sempre me transmitiu.

Á Construtora do Tâmega, por me ter possibilitado o contacto com grandes obras e pelo conhecimento adquirido nesta empresa ao longo dos últimos três anos.

## **Resumo**

O desenvolvimento tecnológico dos últimos anos tem possibilitado uma utilização crescente dos dados e da informação. A diminuição dos custos de telecomunicações e dos preços do equipamento informático, aliada à facilidade de utilização dos mesmos, tornou bastante acessível a ligação e utilização da Internet.

No campo educacional como no da formação temos vindo assistir a uma rápida evolução, contribuindo para a necessidade de criar novas e diferentes modalidades de ensino e de formação que constituam alternativas aos sistemas de ensino tradicionais.

O presente estudo pretendeu analisar e reflectir sobre a integração das novas ferramentas da tecnologia e da Internet no ensino de pontes. Procurou-se analisar e quantificar qualitativamente a informação disponível na Internet sobre pontes, contribuindo assim para a criação e desenvolvimento da estrutura de uma página de ensino e formação sobre pontes na Internet.

## ***Abstract***

In the last few years, the technological development has made possible the increasing use of data and information. The development of cheaper telecommunications and powerful computer equipments has made the internet an accessible tool to connect people and to spread knowledge.

In the educational field as in the formation field, we have been assist a fast evolution, contributing to the requirement of create different forms of teaching and education, that are alternatives to the traditional teaching systems.

The present study aspired to analyse and consider the integration of the news technologies tools and internet in teaching of bridges. This work also aims to analyse and quantify qualitatively the information available in the internet about this subject and to define the structure of a new site, contributing in this way to enhance the use of internet in bridge engineering education.

# Índice

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract	iii
Índice	iv
Índice de figuras	viii
Índice de gráficos	x
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1 IMPORTÂNCIA DO ESTUDO .....	1
1.2 OBJECTIVOS DO ESTUDO .....	2
1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO .....	2
<b>2 O ENSINO DE PONTES</b> .....	<b>4</b>
2.1 RESUMO .....	4
2.2 RESUMO DO ENSINO DE PONTES EM PORTUGAL .....	4
2.2.1 <i>Em Lisboa</i> .....	4
2.2.2 <i>No Porto</i> .....	5
2.2.3 <i>Em Coimbra</i> .....	6
2.2.4 <i>No Minho</i> .....	6
<b>3 A EVOLUÇÃO DA ENGENHARIA DE PONTES</b> .....	<b>7</b>
3.1 OS PRINCÍPIOS DA HISTORIA DAS PONTES .....	7
3.1.1 <i>A Idade da Madeira e da Pedra</i> .....	7
3.1.2 <i>Os Romanos</i> .....	9
3.1.3 <i>A Idade Negra das Pontes e os irmãos das Pontes</i> .....	11
3.1.4 <i>Renascimento</i> .....	13
3.2 A CONSTRUÇÃO DE PONTES NO SÉCULO XVIII .....	15
3.2.1 <i>A Idade da Razão</i> .....	15
3.3 O DESENVOLVIMENTO DAS PONTES NO SÉCULO XIX E XX .....	18
3.3.1 <i>A Idade do Ferro ( 1775-1880)</i> .....	19
3.3.2 <i>A Chegada do Aço</i> .....	21
3.3.3 <i>O Betão e o Arco</i> .....	26
3.3.4 <i>Pontes Atirantadas</i> .....	28

<b>4</b>	<b>OS MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO DE PONTES .....</b>	<b>30</b>
4.1	CORDAS, BAMBU E VIME .....	30
4.2	MADEIRA .....	30
4.3	PEDRA.....	32
4.4	FERRO/AÇO .....	33
4.4.1	<i>Ferro Fundido</i> .....	34
4.4.2	<i>Ferro Forjado</i> .....	35
4.4.3	<i>Aço</i> .....	35
4.5	BETÃO ARMADO .....	36
4.6	BETÃO ARMADO PRÉ-ESFORÇADO .....	37
<b>5</b>	<b>TIPOS DE PONTES SEGUNDO A SUA ESTRUTURA .....</b>	<b>39</b>
5.1	PONTES EM VIGA.....	39
5.1.1	<i>Pontes de Viga</i> .....	39
5.1.2	<i>Pontes de Viga Armada</i> .....	39
5.1.3	<i>Pontes Contínuas</i> .....	40
5.2	PONTES EM ARCO .....	40
5.2.1	<i>Vantagens dos Arcos</i> .....	42
5.2.2	<i>Desvantagens dos Arcos</i> .....	42
5.3	PONTES ATIRANTADAS.....	43
5.3.1	<i>Os Tirantes</i> .....	44
5.3.2	<i>As Torres</i> .....	45
5.3.3	<i>O tabuleiro</i> .....	46
5.3.4	<i>Vantagens e Desvantagens das Pontes Atirantadas</i> .....	46
5.4	PONTES SUSPENSAS .....	47
5.4.1	<i>O Cabo</i> .....	48
5.4.2	<i>As Torres</i> .....	49
5.4.3	<i>O tabuleiro</i> .....	50
5.5	PONTES VIGAS DE GERBER.....	51
5.5.1	<i>Vantagens e Desvantagens das vigas de Gerber</i> .....	52
5.6	PONTES TRELIÇADAS.....	53
<b>6</b>	<b>MÉTODOS CONSTRUTIVOS .....</b>	<b>55</b>
6.1	RESUMO .....	55
6.2	A CONSTRUÇÃO DE PONTES POR LANÇAMENTO INCREMENTAL .....	55
6.2.1	<i>Campo de Aplicação</i> .....	57
6.2.2	<i>Vantagens e Desvantagens do Método</i> .....	57
6.2.3	<i>Concepção e Dimensionamento</i> .....	59
6.2.4	<i>O Dispositivo de Escorregamento</i> .....	61
6.2.5	<i>O Dispositivo de Translação</i> .....	62
6.2.6	<i>Ciclos de Construção</i> .....	63

6.3	A CONSTRUÇÃO DE PONTES COM VIGAS DE LANÇAMENTO.....	63
6.3.1	<i>Campo de Aplicação</i> .....	65
6.3.2	<i>Vantagens e Desvantagens do Método</i> .....	65
6.3.3	<i>Concepção e Dimensionamento</i> .....	66
6.3.4	<i>Ciclos de Construção</i> .....	68
6.4	A CONSTRUÇÃO DE PONTES POR AVANÇOS SUCESSIVOS.....	69
6.4.1	<i>Campo de Aplicação</i> .....	71
6.4.2	<i>Vantagens e Desvantagens do Método</i> .....	71
6.4.3	<i>Concepção e Dimensionamento</i> .....	72
6.4.4	<i>Construção com Aduelas Betonadas “ in situ”</i> .....	74
6.4.5	<i>Construção com Aduelas Pré-fabricadas</i> .....	75
<b>7</b>	<b>CONSERVAÇÃO, MANUTENÇÃO E INSPECÇÃO DE PONTES.....</b>	<b>77</b>
7.1	RESUMO .....	77
7.2	INSPECÇÕES .....	78
7.2.1	<i>Inspeções de Inventário</i> .....	78
7.2.2	<i>Inspeções de Rotina</i> .....	79
7.2.3	<i>Inspeções Principais</i> .....	79
7.2.4	<i>Inspeções Especiais</i> .....	80
7.2.5	<i>Inspeções Subaquáticas</i> .....	81
7.3	SISTEMAS DE GESTÃO .....	81
7.3.1	<i>Base de dados inventarial</i> .....	82
7.3.2	<i>Base de dados de manutenção</i> .....	82
7.3.3	<i>Nível de projecto e de análise da rede</i> .....	82
7.3.4	<i>Previsão da degradação duma estrutura</i> .....	83
7.4	CONTROLO DE QUALIDADE.....	83
7.5	MANUAL DE INSPECÇÃO .....	84
7.5.1	<i>Partes principais de uma ponte</i> .....	84
7.5.2	<i>Patologias</i> .....	85
7.6	AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DE PONTES .....	87
7.6.1	<i>Fases principais</i> .....	88
7.6.2	<i>Métodos</i> .....	89
<b>8</b>	<b>O E-LEARNING .....</b>	<b>92</b>
8.1	RESUMO .....	92
8.2	EVOLUÇÃO DO E-LEARNING .....	92
8.3	A DEFINIÇÃO DO E-LEARNING .....	93
8.4	PILARES DO E-LEARNING.....	94
8.5	O MERCADO DO E-LEARNING .....	95
8.6	TECNOLOGIA À DISPOSIÇÃO DO E-LEARNING .....	96
8.7	VANTAGENS DO E-LEARNING .....	99
8.8	CONCLUSÃO .....	101

<b>9</b>	<b>ANÁLISE DO CONTEÚDO DE PÁGINAS EXISTENTES .....</b>	<b>103</b>
9.1	RESUMO.....	103
9.2	AVALIAÇÃO DA INFORMAÇÃO.....	103
9.3	ASPECTO FORMAL .....	107
9.4	CRITÉRIO DE PROCESSOS .....	108
<b>10</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO DAS PÁGINAS EXISTENTES .....</b>	<b>110</b>
10.1	CLASSIFICAÇÃO.....	113
<b>11</b>	<b>PROPOSTA DA ESTRUTURA DE UMA PÁGINA .....</b>	<b>137</b>
11.1	RESUMO.....	137
11.2	CATEGORIAS PRINCIPAIS .....	137
<b>12</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>144</b>
12.1	INTRODUÇÃO.....	144
12.2	E-LEARNING APLICADO AO ENSINO .....	144
12.3	DESENVOLVIMENTOS FUTUROS .....	145
<b>13</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>146</b>
<b>14</b>	<b>WEBLIOGRAFIA.....</b>	<b>148</b>

## **Índice de figuras**

<i>Figura 3.1</i>	– Ponte de Gard, Nîmes	10
<i>Figura 3.2</i>	– Old London bridge	12
<i>Figura 3.3</i>	– Ponte Neuf, Paris	14
<i>Figura 3.4</i>	– Ponte de la concorde	16
<i>Figura 3.5</i>	– Ponte Royal Albert	20
<i>Figura 3.6</i>	– Ponte St Louis	22
<i>Figura 3.7</i>	– Ponte nova rio Gorge	23
<i>Figura 3.8</i>	– Ponte Quebec	24
<i>Figura 3.9</i>	– Ponte de Brookly	25
<i>Figura 3.10</i>	– Ponte KRK, Croácia	28
<i>Figura 3.11</i>	– Ponte Alsea Bay	28
<i>Figura 3.12</i>	– Ponte da Normandie	29
<i>Figura 4.1</i>	– Ponte Primitiva	30
<i>Figura 4.2</i>	– Ponte artificial	31
<i>Figura 4.3</i>	– Ponte sobre o rio Kwait	32
<i>Figura 4.4</i>	– Pontes de pedra em arco	33
<i>Figura 4.5</i>	– Ponte de Coal brookdale	34
<i>Figura 4.6</i>	– Ponte Firth Forth	36
<i>Figura 4.7</i>	– Ponte Cadernal	37
<i>Figura 4.8</i>	– Ponte do Infante	37
<i>Figura 5.1</i>	– Tipos de arcos	41
<i>Figura 5.2</i>	– Arco tabuleiro inferior	42
<i>Figura 5.3</i>	– Arco tabuleiro superior	42
<i>Figura 5.4</i>	– Arco tabuleiro intermédio	42
<i>Figura 5.5</i>	– Pontes atirantadas	43
<i>Figura 5.6</i>	– Tracções e compressões	43
<i>Figura 5.7</i>	– Disposição dos tirantes	45
<i>Figura 5.8</i>	– Arco tabuleiro inferior	46
<i>Figura 5.9</i>	– Arco tabuleiro superior	46
<i>Figura 5.10</i>	– Ponte Vasco da Gama	47
<i>Figura 5.11</i>	– Ponte do Guadiana	47
<i>Figura 5.12</i>	– Ponte do Tampico	47
<i>Figura 5.13</i>	– Ponte Suspensa	48

<i>Figura 5.14</i> – Ponte George Washinton	50
<i>Figura 5.15</i> – Ponte 25 de Abril	50
<i>Figura 5.16</i> – Ponte de Brooklyn	50
<i>Figura 5.17</i> – Ponte Cantilever	51
<i>Figura 5.18</i> – Deslocamento na viga continua	52
<i>Figura 5.19</i> – Deslocamento na viga de Gerber	52
<i>Figura 5.20</i> – Ponte Forth Firth	53
<i>Figura 5.21</i> – Ponte Pedonal	53
<i>Figura 5.22</i> – Ponte Quebec	53
<i>Figura 5.23</i> – Exemplos de treliças	54
<i>Figura 6.1</i> – Esquema de construção	56
<i>Figura 6.2</i> – Construção por incrementos	56
<i>Figura 6.3</i> – Viga de lançamento inferior	64
<i>Figura 6.4</i> – Viga de lançamento em movimento	64
<i>Figura 6.5</i> – Viga de lançamento superior	64
<i>Figura 6.6</i> – Consolas de apoio das vigas	64
<i>Figura 6.7</i> – Carro de avanço	70
<i>Figura 6.8</i> – Carro de avanço	70
<i>Figura 6.9</i> – Mecanismo de deslocamento do carro de avanço	70
<i>Figura 8.1</i> – Pilares do E-learning	
<i>Figura 11.1</i> – Estrutura principal da página	137
<i>Figura 11.2</i> – História das pontes	138
<i>Figura 11.3</i> – Tipos de materiais	139
<i>Figura 11.4</i> – Tipos de pontes	139
<i>Figura 11.5</i> – Elementos principais de uma ponte	140
<i>Figura 11.6</i> – Métodos construtivos	141
<i>Figura 11.7</i> – O pré-esforço nas pontes	141
<i>Figura 11.8</i> – Pontes notáveis do País	142
<i>Figura 11.9</i> – Inspeção, conservação e manutenção de pontes	143
<i>Figura 11.10</i> – Empresas de projecto e construção de pontes	143

## ***Índice de gráficos***

<i>Figura 10.1</i> – Tamanho das páginas	135
<i>Figura 10.2</i> – Numero de ficheiros	135
<i>Figura 10.3</i> – Numero de imagens	136

## **1 INTRODUÇÃO**

### **1.1 Importância do estudo**

Numa época em que se discutem novos paradigmas de ensino, que poderão passar pela redução das licenciaturas, pela redução do número de aulas presenciais, pela orientação do ensino a projectos e a inclusão de novas metodologias docentes, parece oportuno reflectir sobre o ensino de Engenharia Civil em Portugal, dando especial ênfase ao ensino de pontes e à análise do papel que pode chegar a ser desenvolvido pelas novas ferramentas de E-learning.

Os meios de comunicação têm hoje um papel fundamental em todas as sociedades. As tecnologias de informação têm suscitado profundas e variadas mudanças em diversas áreas de actividade humana: económica, administrativa, social, cultural e pessoal. A tecnologia catalisa alterações não só naquilo que fazemos mas também na forma como pensamos. Modifica a percepção que as pessoas têm de si mesmas, umas das outras, e da sua relação com o mundo (Trukle 1989).

Já a alguns anos que o ensino à distancia tem contribuído para o sistema educativo. As gigantescas transformações no domínio tecnológico permitem que a informação circule por todo o planeta conduzida por entrançadas redes de fios de cobre, ópticas ou satélites de comunicação. Os computadores pessoais são quase indispensáveis nas nossas casas de hoje em dia (Darin 2000). As novas tecnologias e o estabelecimento de novos sistemas de comunicação vão permitir fazer do ensino à distância um excelente meio de transmissão de conhecimento.

## **1.2 Objectivos do estudo**

A presente dissertação pretende analisar a importância da utilização de ferramentas baseadas na Internet, para estimular os estudantes e profissionais que trabalhem em engenharia de pontes a explorar as formas em que as novas tecnologias de comunicação e informação podem ajudar ao processo de aprendizagem. Será apresentada uma visão crítica dos conteúdos de algumas das páginas actualmente dedicadas a este tema assim como uma proposta para melhorar a utilização da Internet neste campo.

Em primeiro lugar é necessário perceber o que é uma ponte, a evolução destas ao longo dos tempos, os materiais utilizados bem como os tipos existentes segundo a sua estrutura. Seguidamente, é necessário perceber em que consiste o ensino à distancia, qual foi o seu desenvolvimento e quais são hoje em dia as suas potencialidades com o aparecimento da Internet e de todas as tecnologias que se encontram ao nosso dispor. Por fim as páginas são analisadas segundo uma série de parâmetros que possibilitam uma avaliação qualitativa e quantitativa da informação disponível nas mesmas.

## **1.3 Organização da dissertação**

O presente capítulo é o primeiro de doze que constituem esta dissertação, fazendo um enquadramento do trabalho realizado.

Do segundo ao sétimo capítulos procurou-se fazer uma revisão de algumas matérias relacionadas com a temática pontes como: a evolução da engenharia de pontes, os materiais utilizados na construção de pontes, os tipos de pontes segundo a sua estrutura, os métodos construtivos e por fim a conservação, manutenção e inspecção de pontes. Para isso, consultaram-se

as fontes mais comuns como livros, revistas e publicações assim como os meios electrónicos tais como CD-rom's e Internet.

No oitavo capítulo trata-se o tema E-learning, como um conceito realmente revolucionário na temática do ensino à distância. Neste capítulo é dada a definição do E-learning como não sendo mais que uma nova forma de ensino aberto com grandes potencialidades devido ao carácter operacional da tecnologia / serviços disponíveis e, por outro, o papel insubstituível que o educador e o informado desempenham ao escolher as ferramentas que melhor se adequam aos fins e restantes meios disponíveis.

No nono capítulo são tidos em conta vários factores para fundamentar os critérios de análise das páginas existentes, que se dividem em três grandes grupos: avaliação da informação, aspecto formal e por fim o critério de processos.

O décimo capítulo apresenta um conjunto de sites dedicados a pontes, procurando identificar e apresentar as suas características.

No décimo primeiro capítulo, tendo como base a avaliação da informação e estruturas analisadas no capítulo anterior, apresenta-se um modelo de organização e estruturação para páginas contendo informação de pontes, para que no futuro sirva de base à criação de uma página.

Finalmente o último capítulo apresenta as conclusões retiradas da realização deste trabalho.

## **2 O ENSINO DE PONTES**

### **2.1 Resumo**

A globalização que se nos apresenta e a tendência para a harmonização de graus de ensino dentro do espaço europeu, são factores que, além de colocarem barreiras na liberdade e na autonomia de cada professor para traçar uma orientação, conferem à docência uma função muito mais universal deixando de estar limitada a uma escala regional ou simplesmente presa a uma metodologia tradicional quase inalterável.

O simples objectivo de que a formação de um engenheiro se prolongue para além da graduação académica, contribui para que o conteúdo programático das assinaturas tecnológicas se articule e complemente com cursos de pós-graduação e acções de aquisição de conhecimento continua. Esta exigência, é justificada pelo ritmo a que os conteúdos de técnicas construtivas, tipologias, materiais e meios de cálculo se desenvolvem.

### **2.2 Resumo do Ensino de Pontes em Portugal**

#### **2.2.1 Em Lisboa**

No IST António Vicente Ferreira foi professor ordinário e catedrático entre 1913 e 1944, nas disciplinas de “ Resistência de Materiais” e “ Pontes”. Depois de 1944 e durante sete anos a coordenação da disciplina de “Pontes” foi levada a cabo por Arnaldo Simões Crespo.

Depois das provas prestadas na Universidade de Coimbra, o Professor Edgar Cardoso tomou posse como Professor Catedrático de pontes do IST a 22 de Dezembro de 1951. Nesta altura a disciplina era anual e inserida no último curso da formação em Engenharia Civil.

Aquando das modificações introduzidas com o decreto 40378 de 1955 na disciplina de pontes, esta desdobrou-se em duas, “Pontes e grandes estruturas” e “ Pontes e estruturas especiais”. A partir da reforma introduzida pelo decreto 540/70 estas disciplinas viriam a ser substituídas por duas disciplinas semestrais, “ Pontes” e “ Estruturas especiais”.

### **2.2.2 No Porto**

No ano lectivo de 1917/18 José Alves Bonifácio regia a disciplina de “ Betão armado e Pontes”. Os trabalhos práticos eram também da responsabilidade de Francisco Perdigão. No ano lectivo de 1919/20 a disciplina passou a ser dirigida por Theotónio dos Santos Rodrigues. No ano lectivo de 1921/22, esta assinatura perdeu o elemento “Pontes” passando a designar-se unicamente por “Betão armado”. No entanto, paralelamente existia a assinatura de “Pontes”, administrada por Theotónio dos Santos Rodrigues. O Professor Theotónio manteve-se a coordenar a assinatura de “Pontes” até 1955. Neste ano a disciplina de pontes desdobrou-se em duas com regências distintas: “Pontes e grandes estruturas”, com a regência de Armando Campos e Matos, e “Pontes e estrutura especiais” com a regência de Francisco Correia de Araújo. A partir de 1993 a disciplina de pontes foi assumida pelo Professor António Adão da Fonseca.

### **2.2.3 Em Coimbra**

A partir do ano lectivo de 1994/95 introduziu-se a assinatura de “Pontes”, assinatura do segundo semestre da especialidade de mecânica estrutural do 5º ano da licenciatura. A sua regência encontra-se a cargo do Engenheiro José Luís Câncio Martins, desde então Professor Catedrático Convidado dessa Universidade.

### **2.2.4 No Minho**

A assinatura de pontes passara a integrar a área científica de estruturas da licenciatura em Engenharia Civil, do Departamento de Engenharia Civil, da Escola de Engenharia da Universidade do Minho.

Hoje em dia, os países mais avançados começam a reconhecer que muitas causas podem contribuir para a drástica redução da vida útil de uma estrutura: utilização de normas e critérios de projecto errados ou obsoletos, falta de qualidade na construção, agravamento das cargas a que a estrutura está sujeita, etc. Durante décadas os programas das disciplinas de pontes estavam dirigidas para o desenho e descrição dos métodos analíticos para o calculo dos esforços. Gradualmente os programas passaram a ter um carácter mais generalista, ganhando importância temas como a concepção, a construção, a durabilidade, a inspecção, a monitorização e a conservação.

### **3 A EVOLUÇÃO DA ENGENHARIA DE PONTES**

#### **3.1 Os Princípios da História das Pontes**

##### **3.1.1 A Idade da Madeira e da Pedra**

As pontes têm tido um papel importante no progresso e evolução da humanidade, desde que o homem se tornou curioso sobre o mundo debaixo do seu horizonte, as terras férteis, os animais e frutos das árvores existentes na outra margem do rio. Cedo o homem tentou encontrar formas de ultrapassar os desfiladeiros ou vales profundos para sobreviver. Uma pedra ou duas caídas sobre um canal de água de pouca profundidade funcionavam como um ponto de passagem, no entanto para profundos canais de água, um tronco de árvore apoiado sobre as extremidades funcionava melhor (M.J.Ryall 2000). Assim, nasceu a ideia base de uma ponte em viga.

Durante milhares de anos no período paleolítico, sabia-se que o homem vivia como um nómada, viajante e caçador à procura de comida. Neste período, simples troncos de madeira serviam para várias finalidades. Estas plataformas sobre canais de água mais ou menos profundos serviam para transportar comida e outros materiais, bem como para serem removidos, criando assim um obstáculo, impedindo que os seus inimigos as usassem. Estreitas passagens de madeira deixavam de ser adequadas, passando a ser substituídas por duplos troncos de madeira afastados entre si criando à posteriori plataformas com troncos pequenos apoiados nos troncos principais. Para atravessar rios largos eram colocados pilares adicionais em pedra sobre o curso de água de forma a funcionarem como apoios. Por vezes eram criadas

delimitações no rio em forma de círculos e depois colocadas pedras no seu interior de forma a criar uma imperfeita barragem de estanquidade.

Por volta de 4000 AC, os povos lacustres viviam em casas de madeira construídas sobre os lagos, na área onde hoje se encontra a Suíça. Para assegurar que as suas casas não se afundavam o homem desenvolveu formas de introduzir estacas-pilar de madeira no leito dos lagos, de forma apoiar as suas habitações acima do nível das águas. Desta necessidade e inovação apareceram os pilares em madeira e as pontes em viaduto.

Assim, as pontes primitivas eram essencialmente assentes em finas estruturas, utilizando como materiais a madeira e a pedra separadamente ou ambos em conjunto. Mais tarde as pontes suspensas com cabos em bambu foram inventadas, sendo estas usadas ainda regularmente nas montanhas da China, Peru, Colômbia, Índia e Nepal.

É preciso irmos até ao ano 4000 AC para descobrir os segredos da construção em arco. Em “tigrus-euphrates” no vale dos sumérios começaram a construir com barro os seus palácios, templos e defesas das cidades. A rocha não era abundante na região e tinha que ser importada da Pérsia, sendo por isso pouco usada. Os módulos de blocos ditaram os princípios construtivos que eles desenvolveram, para atingirem qualquer altura e vencer grandes vãos. Através das suas tentativas, ensaios e erros foi o arco e abobada cilíndrica que foi inventado para construir os seus monumentos e definir a sua arquitectura no pico da sua civilização. No fim da terceira dinastia, por volta 2475 AC, os Egípcios usaram também o arco frequentemente nas suas construções e nas suas passagens para os templos e pirâmides (M.J.Ryall 2000).

Sem dúvida, o arco é uma das mais brilhantes descobertas da humanidade. O princípio do arco foi essencial em toda a construção e tecnologia de pontes ao longo dos últimos séculos. A sua dinâmica e forma expressiva deram notoriedade algumas das melhores estruturas de pontes já alguma vez construídas.

### **3.1.2 Os Romanos**

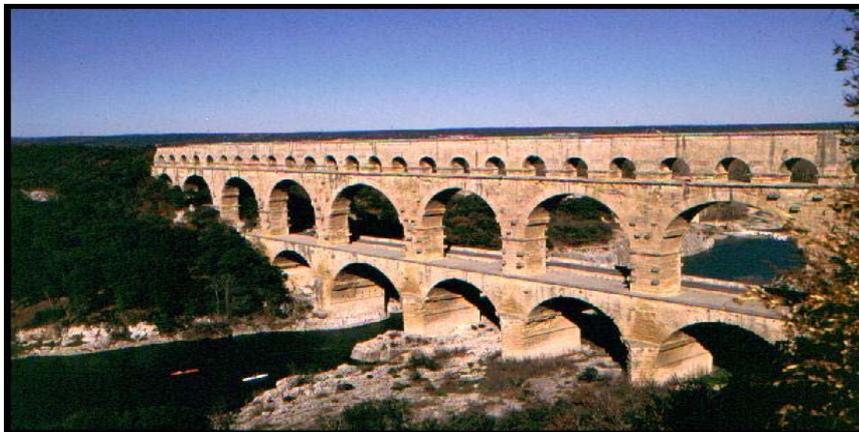
Os romanos foram exímios construtores de pontes em arco por toda a Europa. A sua influência na tecnologia de construção de pontes e arquitectura foi realmente profunda. Os romanos entenderam que o estabelecimento e manutenção do seu império dependiam de um sistema de comunicações eficiente e permanente. Portanto, construir estradas e pontes foram uma das suas prioridades mais notórias.

Os romanos e os chineses sabiam que as estruturas de madeira, particularmente submersas em água tinham uma vida curta. Prestigiados edifícios e importantes pontes foram portanto construídas em pedra. Os romanos aprenderam também a preservar as suas estruturas de madeira embebendo a madeira em óleos e resinas como protecção contra o apodrecimento da mesma. Eles entenderam também as diferentes qualidades das pedras que extraíam. Tufa, pedra vulcânica amarela, tinha boa resistência à compressão, mas necessitava de ser protegida da acção do tempo rebocando-a com estuque. o calcário era mais resistente e durável, poderia ser exposto ao tempo sem qualquer revestimento, apresentando no entanto, fraca resistência ao fogo. Os materiais mais duráveis, tais como o mármore, tinham que ser importados de regiões distantes da Grécia.

A grande ruptura provocada pelos romanos na ciência dos materiais foi a descoberta da argamassa de cal e do cimento pozolânico, os quais derivavam da lama vulcânica que foi encontrada na vila de puzzoli. Eles usavam estes materiais como uma argamassa para colocar entre tijolos ou pedras e ainda a misturavam com cal queimada e pedras para a criação de betão impermeável.

Os romanos construíram assim os seus arcos vencendo vãos que vigas de pedra não podiam alcançar, mais duráveis e robustos do que qualquer outra estrutura. Os romanos construíam arcos semi-circulares com os impulsos do mesmo direccionados para o apoio do arco. Esta solução obrigava a que os apoios fossem largos. Se estes apoios eram construídos com cerca de um

terço do vão vencido pelo arco, então dois pilares eram suficientes para suportar o arco sem qualquer escora adicional. Desta forma, era possível construir uma ponte de apoio para apoio, avançado ao longo do tempo, sem ser necessário construir toda a estrutura ao longo do rio antes de começar os arcos. Eles desenvolveram também um método de construção das fundações no rio desenvolvendo ensecadeiras que eram formadas por cortinas duplas de estacas de madeira, preenchendo os orifícios entre elas com barro de forma a tornar a estrutura impermeável. A água era depois bombada permitindo assim a execução da fundação a seco. Os pilares massivos, geralmente restritos na largura do canal de água, aumentavam como é óbvio a velocidade da corrente do rio entre pilares aumentando assim a acção de desgaste, lavagem junto aos mesmos. Para contrapor este fenómeno os pilares eram então construídos com corta águas, de forma a dissipar a acção da água, evitando assim a acção da erosão e lavagem dos terrenos junto às fundações.



***Figura 3.1 – Pont du Gard, Nîmes***

Os arcos em pedras eram executados fora do local de aplicação sobre cimbres de madeira. As suas faces eram cortadas de forma a definirem um semi-círculo. Aros paralelos eram assim colocados lado a lado de forma atingirem a largura que eles necessitavam para as suas estradas. Todas as pedras eram cortadas de uma forma idêntica, evitando desta forma a utilização de qualquer argamassa entre elas, desde que pedra sobre pedra fosse colocada na sua posição certa. As forças de compressão existentes no arco asseguravam por completo a sua estabilidade.

Volvidos mais de 2000 anos o testemunho da sua acção e da sua obra é constituído por um vasto conjunto de pontes em muitos países.

### **3.1.3 A Idade Negra das Pontes e os irmãos das Pontes**

Os bárbaros, os visigodos, os saxónicos, os mongólicos e os nórdicos não fizeram muitas construções durante as suas incursões pela Europa e pela Ásia com a finalidade de pilharem e espalharem a destruição. Essa missão foi deixada para a época de expansão do cristianismo, para iniciarem o novo impulso na área da construção por volta do ano 1000 DC.

Foi a igreja quem preservou e desenvolveu o espírito do entendimento e prática do conhecimento da construção de pontes entre os que tinham experiência e habilidade profissional que se associaram a eles.

Em 1244 o imperador Frederico II mandou executar uma ponte para os peregrinos e viajantes. Com o conhecimento dos frades da altura que tinham adquirido experiência e habilidade de carpintaria e trabalho de pedreiros aquando da execução das suas próprias casas, estes mesmos criaram uma cooperativa para a sua construção. Após completarem esta ponte a sua fama depressa se estendeu a Itália e França. Esta fama fez despertar entre as restantes ordens eclesiásticas o interesse pela construção de pontes. Em França um grupo de monges formou a ordem religiosa dos irmãos das pontes,

para construir uma ponte sobre Durance. Esta onda de interesse na construção de pontes expandiu-se rapidamente de França até Inglaterra durante o século XIII. Esta ordem dos irmãos das pontes foram excelentes mestres da arte de construção, esforçando-se por manter e continuar o magnífico trabalho realizado pelos construtores romanos de pontes.

Uma das mais famosas e legendárias pontes deste período foi construída pela ordem de “ *Saint Jacques Du Haut Paus* “. Eles construíram a ponte espírito sobre o rio Rhône, mas a sua obra de eleição foi sem dúvida a ponte vizinha em Arignon. A sua beleza inspirou escritores, poetas e músicos ao longo dos séculos.

Enquanto a ponte de d'Arignon era construída em França outra ordem de monges em Inglaterra planeava e construía a primeira ponte em pedra sobre o rio Tamisa. Esta ponte construída no ano 1206 foi a velha ponte de Londres. Esta ponte era tão popular que rapidamente habitações e estabelecimentos comerciais nasceram sobre ela (M.J.Ryall 2000).



**Figura 3.2 – Old London Bridge**

As cidades continuavam a apoiar e promover a construção de pontes e melhores estradas. Cedo os vestígios da idade negra e do feudalismo foram

transformados na idade da iluminação e do renascimento. A ponte de Vecchio em Florença, construída em 1345 próxima do fim deste período, marcou o ponto de viragem na idade negra. A característica mais inovadora desta ponte era o vão vencido por um arco extremamente abatido comparado com arcos construídos até à altura ou mesmo com as pontes europeias contemporâneas. Ela foi construída com segmentos de arco, o que não era usual na construção de pontes desse período, uma vez que não podiam determinar o impulso do arco, porque não dispunham de conhecimentos matemáticos sobre arcos para o fazerem.

### **3.1.4 Renascimento**

Desde a época de Homero, Aristóteles e Arquímedes não tinham sido atingidos importantes descobertas na matemática e na ciência, como o foi durante o renascimento.

A ciência moderna nasceu neste período através do empenho de génios como Copérnico, Da Vinci, Francis Bacon e Galileu e na arte e arquitectura através de Miguel Ângelo, Brunellesci e Palladio. A construção de pontes mereceu especial atenção, particularmente em Itália, onde foi vista como elevada forma de arte.

A mais significativa contribuição do renascimento foi a invenção do sistema de treliça, desenvolvido por Palladio, e a fundamentação da ciência de análise de estruturas através do primeiro livro escrito por Galileu, "*Dialoghi Delle Nuove Scienze*" publicado em 1638.

Os construtores de pontes durante o renascimento, bastante empenhados na tecnologia dos materiais, além da preocupação na arte de construir, tentavam também obter reduções no tempo de trabalho bem como na quantidade de materiais dispendidos. Os construtores mais famosos nesta

época foram Ammannati, Da Ponte e Du Cerceau. Provavelmente a ponte mais famosa e mais celebrada durante este período foi a Ponte Rialto concebida por António Da Ponte em Veneza.

Igualmente a inovação e a arte de construir pontes foi progredindo para toda a Europa. Em Praga foi construída a ponte mais longa sobre a água, a “Karlsbrucke” construída em 1503, sendo a mais monumental e imperial ponte construída durante o renascimento, levando século e meio a estar totalmente concluída. Em França, na mesma altura, um fino exemplar do renascimento francês, a ponte “Neuf” começou a ser projectada. Foi a segunda ponte em pedra a ser construída em Paris, desenhada por Androuet Du Cerceau.



***Figura 3.3 – Ponte Neuf, Paris***

Por fim, exemplos refinados de pontes construídas no século XVII no fim do renascimento em França, foram a ponte Royale e a ponte Marie, pontes que ainda hoje existem.

O renascimento trouxe o desenvolvimento tanto na arte como na ciência de construir pontes. Pela primeira vez as pontes começaram a ser olhadas como trabalhos de arte. Os melhores construtores de pontes tinham que reunir

na sua formação conhecimentos de arquitectura, teoria de estruturas e conhecimentos práticos de construção.

## **3.2 A Construção de Pontes no Século XVIII**

### **3.2.1 A Idade da Razão**

Neste período, a construção de arcos em pedra era perfeita, devido a monumentos revelados por Perronet e às inovadoras técnicas de construção de Jonh Rennie.

Tendo as construções em arco de alvenaria atingido o seu auge depois do primeiro arco imperfeito ter sido construído na Mesopotâmia, passados 700 anos, estávamos perante a aproximação ao aparecimento de um novo material, o ferro, e a construção de treliças em madeira como as principais estruturas de pontes no futuro.

Foi nesta altura que a profissão de engenheiro civil foi criada, aquando da abertura da primeira escola de engenharia em Paris durante o reinado de Luís XV. O director da escola foi Gabrill que tinha projectado a ponte Royal. Ele teve o cuidado de fazer e inculir a recolha e assimilação de toda a informação científica e conhecimento que existia na história de pontes, construções, estradas e canais (M.J.Ryall 2000).

Em 1747 a primeira escola de engenharia de pontes foi fundada em Paris na histórica escola “De Pont et Chaussées”. O fundador da escola foi Trudiane, e o primeiro professor e director um brilhante engenheiro jovem de nome Jean Perronet.

Jean Perronet tem vindo a ser chamado o pai da engenharia moderna de pontes pelo seu carácter inventivo e projecto do maior arco em alvenaria do século. O arco que ele decidiu usar foi um segmento de curva de um círculo de

raio elevado, em vez dos típicos arcos centrados. Para reforçar a esbelteza ele elevou a extremidades do arco consideravelmente acima dos pilares. A sua ponte mais famosa viria a ser gloriosa ponte “ De la Concorde” em Paris. É uma das mais esbeltas e arrojadas pontes de arco em pedra do mundo.

Inspirados pelos dois mestres franceses Gabriel e Perronet, ao resto da Europa bastava-lhe admirar e copiar estes notáveis avanços na construção de pontes.



**Figura 3.4 – Ponte De la Concorde**

Em Inglaterra, John Rennie, foi marcando a sua presença seguindo os passos dos engenheiros franceses. Ele era visto como o sucessor natural de Perronet, que era muito velho quando ele começou a sua carreira. Ele construiu a sua primeira ponte em 1779 ao longo de Tweed em Kelso. Esta ponte foi um presságio das pontes que Rennie viria a construir tais como a Waterloo. Na ponte de Waterloo, Rennie fez a montagem do arco central junto à margem, transportado depois em plataformas flutuantes para a sua posição. Com esta técnica reduziu o tempo de construção para metade (M.J.Ryall 2000).

Sendo assim, os arcos semi-elípticos, e os métodos construtivos introduzidos por Rennie, juntamente com os segmentos de arco e o entendimento do impulso por Perronet, mudaram a teoria da concepção de pontes para sempre.

Nos E.U.A, com a expansão das estradas e dos canais navegáveis, seguindo o pico do crescimento comercial no século XVIII, viria a tornar-se a terra das pontes de madeira no século XIX.

Os E.U.A não tinham história na construção com pedra, e cedo os construtores de pontes começaram a usar o material mais abundante e económico que tinham, a madeira. Os americanos construíram algumas pontes em madeira verdadeiramente notáveis, mas não foram os pioneiros nestas estruturas. Os irmãos suíços Grubenmann foram os primeiros a criar pontes em treliça de madeira. A ponte Wettingen sobre o rio Limmat a este de Zurique foi considerado o seu trabalho mais genial.

Numerosas pontes em viga de madeira e pontes sobre cavaletes foram construídas em toda a Europa e nos E.U.A. No entanto, para vencer profundos desfiladeiros, rios largos e suportar as cargas pesadas dos vagões das carruagens, alguma coisa mais robusta era necessária. A resposta, de acordo com os irmãos Grubenmann, era a construção de pontes em arco treliçado de madeira, não sendo uma verdadeira treliça. A primeira pessoa a desenhar uma ponte em arco treliçado com sucesso foi nos E.U.A e foi Timoty Palmer. Em 1792 Palmer construiu uma ponte em dois arcos treliçados sobre o rio Merrimac, com a característica do arco ser a estrutura principal de suporte. Posteriormente a ponte foi coberta de forma a proteger a madeira para o futuro. Envolvendo toda a ponte por madeira, fez com que a neve se acumulasse sobre esta provocando o seu colapso pela carga adicional.

Com a chegada dos caminhos-de-ferro nos E.U.A, a construção de pontes continuou a desenvolver-se de duas formas diferentes. Uma escola a desenvolver fortes treliças em madeira, enquanto que a outra foi fazendo

experiências com o ferro fundido e ferro forjado, lentamente substituindo a madeira como o principal material de construção.

### **3.3 O desenvolvimento das Pontes no Século XIX e XX**

A revolução industrial que tinha começado em Inglaterra no final do século XVIII, gradualmente expandiu-se provocando mudanças enormes em todos os aspectos do quotidiano das pessoas.

Novas formas de transporte em massa, por canal e comboio, foram desenvolvidas acompanhando a evolução e o aumento da utilização do carvão e o fabrico dos têxteis e cerâmicas. A combustão do carbono era feita em quentes fornos, atingindo altas temperaturas de forma a fundir o ferro. As altas temperaturas eram também essenciais na produção do cimento descoberto em 1824 por Joséph Aspdin, queimando o calcário e a argila em Leeds. Assim a madeira e a pedra gradualmente foram substituídas pelo ferro fundido e o ferro forjado, o qual viriam a ser substituídos mais tarde, primeiro pelo aço e depois pelo betão, os dois primeiros materiais de construção de pontes do século XX.

A exigência do crescimento e expansão das cidades continuou a melhorar e aumentar a construção de estradas, canais e caminhos-de-ferro. A era industrial introduziu a máquina a vapor, a combustão interna, as linhas de produção, electricidade, gás e o tractor. As pesadas máquinas e extensas carruagens impunham cargas elevadas nas estruturas das pontes que nunca até aqui tinham estado submetidas. As pontes tinham que ser mais fortes e rígidas na construção e tinham ainda de ser de rápida construção, de forma a acompanhar o ritmo elevado do progresso. As ligações tinham que ser fortes e mais eficientes (M.J.Ryall 2000).

Com a chegada do automóvel desenvolveu-se uma rede de estradas, que permitia circular de cidade para cidade através de montanhas, vales e rios.

Melhores pontes eram precisas para ligar ilhas a terras, países a continentes, desenvolvendo assim uma mais vasta e melhor rede de estradas.

A contínua procura e desenvolvimento de materiais de alta resistência juntamente com os avanços de meios de análise, permitiu que as pontes atingissem vãos nunca antes vencidos. Nos últimos dois séculos os vãos das pontes dispararam dos 100 m para os 1800 m. Esta é a era das vigorosas pontes suspensas, elegantes pontes suspensas por cabos e arcos treliçados em aço.

### **3.3.1 A Idade do Ferro ( 1775-1880)**

De todos os materiais usados na construção de pontes, pedra, madeira, blocos, aço e betão, o ferro foi o que foi usado por menos tempo. O ferro foi fundido pela primeira vez com sucesso por Dud Dudley em 1619, um século antes de Abraham Derby ter posto em pratica um método económico de fundir ferro em largas quantidades. O ferro forjado, que substitui o ferro fundido anos mais tarde, era um material dúctil. Foi produzido em largas quantidades depois de 1783 quando Henry Cort desenvolveu o processo de forno de pudragem para extrair as impurezas do ferro (M.J.Ryall 2000).

As pontes em ferro sofreram algumas das falhas e acidentes mais graves da história de construção de pontes. As vibrações e as cargas dinâmicas provocadas pelas pesadas locomotivas a vapor criavam ciclos de tensão nas estruturas das pontes dando origem a fenómenos de fadiga no ferro fundido e no ferro forjado. Só num ano nos E.U.A, uma em cada quatro pontes de madeira e ferro sofriam danos sérios ou entravam em colapso. Nesse período começaram a surgir regulamentos e novos procedimentos de construção. Apesar desta preocupação, ocorreu o acidente mais grave na

história de pontes em ferro sobre o estuário do Tay em 1878. Este acontecimento marcou o fim das pontes em ferro.

➤ ***Pontes em ferro mais significativas***

- 1779 – Ponte em ferro em Coalbrookdale, a primeira ponte em ferro fundido, com estrutura em arco.
- 1807 – James Finlay construiu o primeiro elemento de ponte suspensa, a Ponte Chain em ferro forjado sobre Potomac.
- 1834 – A ponte Fribourg, a ponte suspensa em ferro mais longa do mundo.
- 1858 – A ponte Royal Albert, sobre o Tomar.



***Figura 3.5 – Ponte Royal Albert***

### **3.3.2 A Chegada do Aço**

O aço é um ferro refinado onde o carbono e outras impurezas são extraídos. É provável que a técnica para fazer aço tenha sido conhecida na china no ano 200 AC e na Índia em 500 AC. Mas o processo era bastante lento e trabalhoso. Além de trabalhoso era bastante caro, sendo usado só para produzir ferramentas e armamento até ao século XIX. Em 1856, Henry Bessemer desenvolveu um processo para produzir aço em massa introduzindo ar no interior do ferro fundido para queimar as impurezas. Esta metodologia foi seguida pelo método da fornalha aberta patenteado por Charles Siemens e Pierre Emile em Birmingham na Inglaterra em 1867, que foi a base dos métodos de produção de aço actuais. No entanto, levou algum tempo para que o aço substituísse o ferro, por ser caro o seu fabrico. A partir de 1880, o aço tornou-se mais competitivo que o ferro. Este era um material dúctil, e não frágil como o ferro e muito mais resistente.

A era do aço abriu a porta para tremendos avanços na tecnologia de construção de pontes. A primeira ponte a explorar este novo material foi construída nos E.U.A, onde o arco em aço, a treliça em arco e as pontes suspensas por cabos foram pioneiras.

#### **3.3.2.1 As Principais Construções de Pontes em Aço desde 1880**

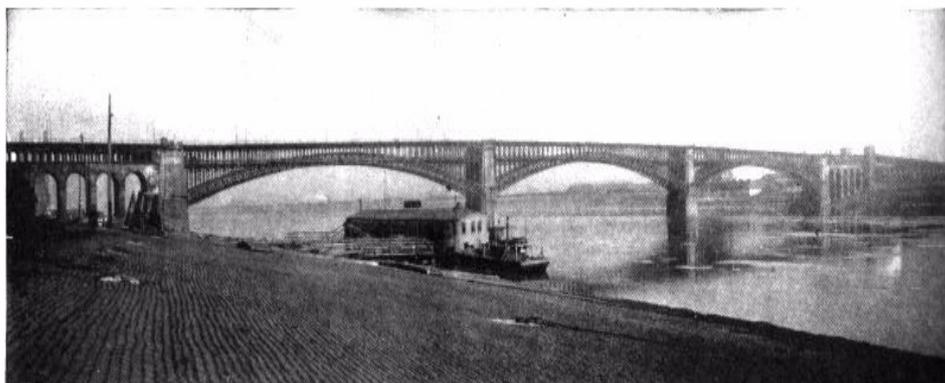
##### **➤ O Arco Treliçado**

As primeiras importantes pontes a usarem o arco foram todas nos E.U.A. Os arcos da ponte de “St Louis” sobre o Mississippi e as cinco treliças da ponte de Glasgow sobre o

Missouri, foram as primeiras a incorporar o aço na construção de treliças.

***Exemplos mais significativos***

- 1874 – A ponte de “St Louis”.
- 1884– O viaduto de “Garabit”, St Flour em França.
- 1916 – A ponte de “Hell Gate” em Nova Iorque.
- 1931– A ponte “Bayonne” em Nova Iorque.
- 1932– A ponte de Sydney.
- 1932– A ponte “New River Gorge” na Virgínia.



***Figura 3.6 – Ponte de St Louis***



**Figura 3.7 – Ponte “New River Gorge”**

➤ **A Treliça em viga de gerber**

Durante muitos séculos as pontes em arco foram construídas em pedra, ferro e aço. O aço possibilitou construir treliças com vãos maiores que o ferro fundido sem aumento do peso próprio. Consequentemente possibilitou a construção de treliças com longos vãos em viga gerber. A primeira significativa ponte em treliça viga gerber a ser construída foi na Escócia em 1890.

**Exemplos significativos**

- 1886 – A ponte “Fraser River” no Canada.
- 1890– A ponte “Forth Rail”, Edimburgo na Escócia.
- 1902 – O viaduto de Viaur em França.
- 1917– A ponte de Quebec no Canadá.

- 1932– A ponte Carquinez.



**Figura 3.8 – Ponte de Quebec**

➤ **Pontes suspensas**

Os primeiros pioneiros das pontes suspensas foram James Finlay, Thomas Telford, Samuel Brown e Marc Seguin, mas eles tinham somente ferro fundido e ferro forjado disponível.

A ponte de Brooklyn foi a primeira a usar o aço para a malha de cabos suspensos projectada por John Roebling.

**Exemplos significativos**

- 1883 – A ponte de Brooklyn.
- 1931– A ponte “George Washington”.
- 1965 – A ponte “Verazzano”.

- 1981 – A ponte “Humber”.
- 1998– A ponte “Great Belt”.
- 1965 – A ponte “Kashi Kaikyo”



**Figura 3.9 – Ponte de Brooklyn**

➤ **Vigas em Perfis e Caixaão de Aço**

Desde o desenvolvimento do aço e das vigas em I, muitas pontes em viga foram construídas usando grupos de vigas em paralelo que eram interligadas no topo para formar uma superfície de rolamento. Rapidamente este tipo de construção foi aplicado, mas unicamente para vencer vãos pequenos. Para vãos relativamente grandes não eram eficientes assim como a altura da viga tornava-se excessiva. A solução alternativa foi executar a viga em forma de caixaão bastante rígido. Desta forma a profundidade da viga poderia ser reduzida e o material podia ser poupado. Estas vigas podiam ser

facilmente executadas e eram de fácil transporte. A maior parte do trabalho pioneiro foi levado a cabo durante e depois da segunda guerra mundial, o que existia uma enorme exigência em construir pontes rapidamente e eficientemente, vencendo vãos superiores a 300 m.

Depois de se verificarem alguns colapsos deste tipo de vigas, adicionais procedimentos de construção e melhores normas de projecto, procedimentos de inspecção e especificação adequada foi acordada internacionalmente.

### ***Exemplos significativos***

- 1936 – A ponte “ Elbe”.
- 1952– A ponte “Cologne Deutz”.
- 1970s – Acidentes devido a falhas e colapsos.

### **3.3.3 O Betão e o Arco**

Apesar de os engenheiros terem levado algum tempo a conhecer o verdadeiro potencial do betão como material de construção, hoje é aplicado por todo o lado num vasto número de pontes. O betão tem de ser reforçado com aço para lhe conferir ductilidade. O cimento é misturado com areia, pedras e água para criar o betão, que se mantém fluido e plástico por um período de tempo, antes do seu endurecimento. Ele pode ser descarregado ou colocado em moldes ou formas enquanto se encontra no estado fluido, para criar vigas,

arcos e pilares. Isto confere ao betão qualidades especiais como material e contribui para arrojadas e imaginativas ideias na arte de construção de pontes.

François Hennebique foi o primeiro a perceber a teoria e o uso prático do aço reforçado no betão, mas foi Robert Maillart que foi o pioneiro a construir pontes usando betão reforçado. Eugene Freyssinet, foi também ambicioso no experimentar de estruturas em betão e foi ele que descobriu a arte de pré-esforço e deu à indústria das pontes um dos mais eficientes métodos de construção. Estes homens foram fundamentais para o desenvolvimento futuro de pontes em betão. Eles contribuíram para o desenvolvimento das vigas pré-esforçadas, arcos em betão, vigas caixão e a construção por segmentos em viga de gerber (M.J.Ryall 2000).

O betão tem vindo a ser usado na construção das maiores pontes do mundo. O relativo custo do betão comparado com o aço, a capacidade para rapidamente ser moldável ou formar vigas pré-esforçadas de comprimento standard, tornou o betão economicamente atractivo.

### ***Exemplos significativos***

- 1898 – Viaduto “Glentinnian” em Inglaterra
- 1929– A ponte “Plongastel”.
- 1936– A ponte “Alsea Bay”.
- 1964– A ponte “KRK” na Croacia.
- 1952 – A ponte”Shelton Road”



**Figura 3.10 – Ponte “KRK”**



**Figura 3.11 – Ponte “Alsea Bay”**

### **3.3.4 Pontes Atirantadas**

A construção com vigas rígidas trapezoidais em forma caixão, permitiu a utilização de um plano simples de cabos para suportar a estrutura directamente. Isto significa que poucos cabos eram preciso comparado com um sistema convencional de suspensão.

A primeira ponte moderna atirantada foi construída por engenheiros alemães logo a seguir à segunda guerra mundial, liderados por Fritz Leonhardt, Rene Walter e Jorge Schlaich. As pontes atirantadas são talvez as que apresentam melhor impacto visual de todas as modernas formas de pontes longas.

### ***Exemplos significativos***

- 1955 – A ponte “Stormstrund”, Noruega.
- 1959– A ponte “Severins”.
- 1962– A ponte “Nordelbe”, Hamburgo.
- 1974– A ponte “Brotonne”.
- 1995– A ponte da “Normandie”.



***Figura 3.12 – Ponte da Normandie***

## 4 OS MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO DE PONTES

### 4.1 Cordas, Bambu e Vime

Estas pontes são as antecessoras das pontes suspensas por cabos actuais. Este tipo de pontes denominasse por passadiços. Os cabos eram fabricados de lianas, trepadeiras, couro, bambu, vime e materiais similares. As cordas eram agrupadas e torcidas em espiral para formar uma unidade resistente.

A maioria das pontes primitivas suspensas fabricadas com estes materiais estavam suportadas por três cabos, de modo que um homem pudesse passar pondo um pé na mais baixa e agarrar-se às superiores.



**Figura 4.1 – Ponte Primitiva**  
([www.geocities.com/lospuentes](http://www.geocities.com/lospuentes))

### 4.2 Madeira

A madeira foi o material que o homem utilizou para fazer as suas primeiras construções.

As pontes de madeira são mais fáceis e mais rápidas de construir do que as de pedra, resultando em geral em pontes mais económicas. Sendo assim, ao longo da história construíram-se inúmeras pontes neste material.



**Figura 4.2 – Ponte Artificial**

([www.geocities.com/lospuentes](http://www.geocities.com/lospuentes))

As pontes de madeira apresentavam sempre problemas de durabilidade, e por isso foram sempre de qualidade inferior em relação às de pedra.

Os três problemas básicos da durabilidade das pontes de madeira são:

- Em primeiro lugar o próprio material, que se desgasta ao longo do tempo se não se tomam cuidados.
- Em segundo lugar a sua vulnerabilidade ao efeito das cheias dos rios. Cada cheia arrastava muitas pontes em madeira, sendo por isto que sempre existiu a consciência de uma debilidade perante às acções destrutivas do próprio rio.
- A sua vulnerabilidade aos incêndios.

Do tronco isolado, passou-se ao tabuleiro de vários troncos paralelos funcionando como vigas simplesmente apoiadas. Posteriormente fizeram-se pórticos, arcos de madeira e vigas triangulares.

Hoje em dia ainda se vão construindo estruturas em madeira, mas só em

casos excepcionais, porque saem mais caras do que as pontes metálicas e as de betão.



***Figura 4.3 – Ponte sobre o Rio Kwait***

### **4.3 Pedra**

Como a madeira, a pedra é um material natural que se obtém directamente da natureza e se utiliza sem nenhuma transformação. Unicamente é necessário dar-lhe forma.

As pontes em pedra são formadas por abóbadas cilíndricas, onde predomina a dimensão longitudinal em relação à transversal, e por isso o efeito de abóbada é mínimo, comportando-se basicamente como arcos lineares. Actualmente já não se constroem pontes deste tipo por serem bastante caras, a não ser em casos excepcionais ou na reabilitação de pontes históricas.

A construção de pontes em pedra é bastante simples e em geral são estruturas resistentes e duráveis. Estas qualidades fazem do arco o sistema estrutural mais perfeito e quase único na construção de pontes antes do aparecimento do ferro.



**Figura 4.4 – Pontes de Pedra em Arco**

#### **4.4 Ferro/Aço**

O emprego do ferro ditou uma transformação radical na construção em geral, e nas pontes em particular. As suas potencialidades eram muito maiores que os materiais conhecidos até então. Rapidamente se produziram estruturas metálicas, que logo superaram as dimensões das pontes construídas anteriormente (Wai-Fah Chen).

Hoje em dia continua a ser um material de grandes obras, e em especial das grandes pontes, no entanto, o ferro que se utiliza hoje não é o mesmo tipo que se utilizava antigamente devido à evolução do material. Existem diferenças consideráveis nas características e qualidade entre os aços actuais e o ferro fundido que se usou no princípio.

A rápida utilização do ferro nos princípios do Século XIX na construção de pontes deveu-se basicamente a duas causas fundamentais:

- Em primeiro lugar, o material novo tinha muitas mais possibilidades que os anteriores porque a sua capacidade resistente era muito mais elevada.
- Em segundo lugar, começou-se a conhecer com rigor o comportamento resistente das estruturas, o que permitiu, dimensionar melhor os seus elementos e ajustar ao máximo as suas dimensões.

Os materiais derivados do ferro que se utilizaram sucessivamente na construção foram o ferro fundido, o ferro forjado e o aço.



***Figura 4.5 – Ponte de Coalbrookdale***

#### **4.4.1 Ferro Fundido**

As primeiras pontes metálicas fizeram-se em ferro fundido, tendo a maioria estruturas pouco claras, herdadas de estruturas de pedra e madeira.

De ferro fundido são todas as pontes em arco de Thomas Telford e de John Rennie, que em 1819 construí em Londres a ponte de Southwork sobre o Tamisa, a maior ponte de ferro fundido que se construiu no mundo.

#### **4.4.2 Ferro Forjado**

O ferro forjado é um ferro tratado á base de golpes para aumentar a sua resistência e melhorar a sua regularidade. Actualmente lamina-se a quente fabricando chapas e perfis metálicos, elementos que confirmaram em grande medida as estruturas metálicas.

#### **4.4.3 Aço**

Nos finais do século XIX, cem anos depois de iniciar a construção de pontes metálicas, começou a usar-se o aço para a sua construção. Conseguir que os materiais de construção sejam dúcteis e não frágeis, é um dos grandes objectivos da tecnologia. O aço era um material caro até que em 1856 mediante um novo processo de produzir aço barato e em quantidades industriais, insuflando ar no ferro fundido reduzindo as suas impurezas e quantidades de carbono, o seu preço baixou (Wai-Fah Chen).

A primeira grande ponte com estrutura principal em aço é a ponte San Luís sobre o rio Mississipi, nos Estados Unidos. Desde os finais do século XIX o aço impôs-se como material de construção sobre o ferro.



**Figura 4.6 – Ponte Firth Forth**

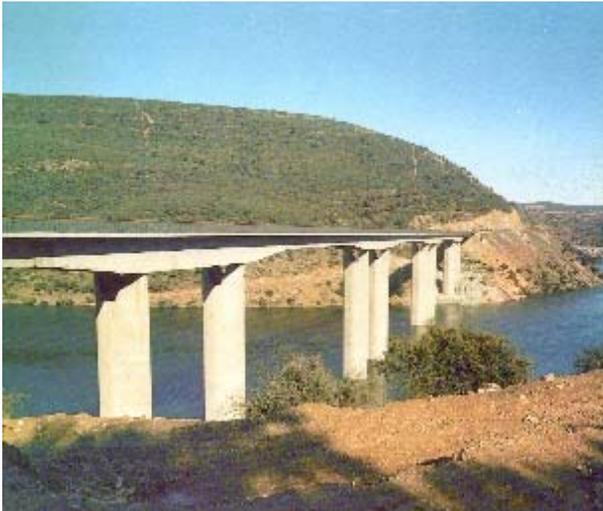
#### **4.5 Betão Armado**

O betão armado é uma combinação do aço e do betão, adequado especialmente para resistir a esforços de flexão. O betão é adequado para resistir a compressões e o aço em varão para resistir às tracções. Sendo assim os varões de aço introduzem-se na peça de betão, na zona que deve resistir às tracções.

Durante muitos anos os varões de aço eram lisos, mas graças a uma série de ensaios, provou-se que a aderência entre o aço e o betão, um dos mecanismos básicos para que o betão armado funcione, melhorava significativamente fazendo os varões corrugados. O betão armado aparece nos finais do século XIX e desenvolve-se no século XX depois de algumas tentativas.

O betão armado estendeu-se rapidamente por toda a Europa, contribuindo para tal o arco de exibição construído na exposição universal de Dusseldorf em 1880 que serviu para dar a conhecer este material.

Impõem-se duas soluções clássicas no uso do betão, as vigas de alma cheia, que podem se vigas em T unidas pelo topo, ou vigas em caixão para vãos maiores, solução idónea para o betão, que é um material adequado para resistir à compressão.



**Figura 4.7 – Ponte Cadernal**



**Figura 4.8 – Ponte do Infante**

#### **4.6 Betão Armado Pré-esforçado**

Freyssinet, além de contribuir para o desenvolvimento do betão armado, foi o impulsionador do betão pré-esforçado porque, graças ao seu empenho, conseguiu desenvolver uma técnica quase desde o zero, até ser aplicável em qualquer obra desde que fosse adequada.

A sua diferença para o betão armado é que nesse a armadura é passiva, ou seja, entra em carga quando as acções exteriores actuam sobre a estrutura, enquanto que no pré-esforçado a armadura é activa, tensiona-se previamente à actuação das cargas que a estrutura vai receber, comprimindo o betão de

forma que nunca tenha tracções ou que estas sejam reduzidas. Sendo assim, este adianta-se ás acções que actuam sobre a estrutura com contra-acções. Estas armaduras podem tensionar-se antes de betonar a peça, pré-tensão, ou pode tensionar-se depois de betonar a peça, pós-tensão.

Com o betão pré-esforçado evita-se a fissuração que se produz no betão armado e proporciona a utilização de aços de alta resistência, inadmissíveis no betão armado, porque se produzia uma fissuração excessiva.

O betão pré-esforçado não fez desaparecer o betão armado, cada um tem o seu campo de aplicação. Cada material encontrou o seu espaço, a armadura activa aplica-se para resistir aos esforços principais e a passiva aos secundários.

## **5 TIPOS DE PONTES SEGUNDO A SUA ESTRUTURA**

### **5.1 Pontes em Viga**

#### **5.1.1 Pontes de Viga**

Consistem em várias vigas que colocadas paralelamente umas às outras, vencem a distância entre apoios e suportam o tabuleiro. As pontes de betão armado ou metálicas podem vencer vãos de 20 a 25 m, para distâncias superiores utiliza-se o aço e o betão pré-esforçado, e quando o comprimento é considerável utilizam-se vigas compostas.

#### **5.1.2 Pontes de Viga Armada**

São constituídas por duas vigas que suportam o tabuleiro. Se o tabuleiro está apoiado junto à parte inferior das vigas e o tráfico passa entre elas, a ponte chama-se via inferior, pelo contrário se está apoiada na sua parte superior chama-se passagem elevada. Quando a ponte se destina a uma estrada é preferível o segundo tipo porque permite adaptar o tabuleiro a possíveis aumentos de tráfico. As pontes desta classe podem ser de um só tramo ou contínuas, chegando a vencer vãos da ordem dos 40 m.

### **5.1.3 Pontes Contínuas**

Podem ser de vigas de aço de alma cheia, vigas de betão armado ou vigas de betão pré-esforçado. Com este tipo de estruturas é possível vencer ininterruptamente muitos vãos.

Uma vez que as vigas apoiam simplesmente nos apoios, os efeitos dos movimentos e dilatações térmicas são facilmente absorvidos. Os suportes podem ser simples pilares verticais, porque não existem reacções horizontais. As vigas podem ser pré-fabricadas longe do local de aplicação, e depois colocadas no destino final com o mínimo de impacto sobre o trânsito ou navegação ([www.geocities.com/lopuentes](http://www.geocities.com/lopuentes)).

## **5.2 Pontes em Arco**

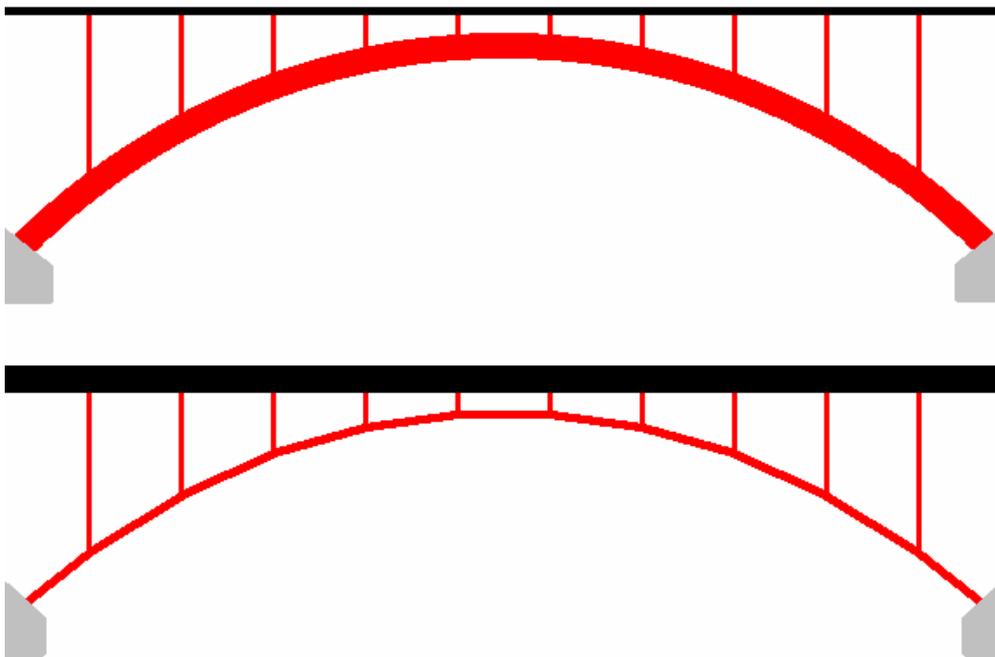
O arco funciona essencialmente à compressão, tornada possível pelas reacções horizontais nos encontros que produzem uma força normal ao longo do arco. De forma a assegurar o comportamento aceitável do arco, esta força deve estar próxima, quanto possível, do centro de gravidade da secção transversal do arco. Os momentos flectores provocados pela excentricidade do esforço normal devem ser considerados como tendo um efeito parasita no comportamento do arco. O impulso horizontal produzido pelo arco deve ser transmitido de forma segura às fundações. Os encontros devem ser desenhados para que a resultante deste impulso e a reacção vertical passa pelo núcleo central das fundações ([www.brantacan.co.uk/bridges.htm](http://www.brantacan.co.uk/bridges.htm)).

A forma geométrica do arco deve ser escolhida com o intuito de assegurar que a estrutura está sujeita, predominantemente, a tensões de compressão sob a acção de cargas permanentes. É importante notar que é o comportamento sob cargas permanentes que determina, acima de tudo, as

condições de utilização e durabilidade. O objectivo é limitar as deformações e as tensões de tracção sob a acção das cargas variáveis (sobrecargas de serviço e temperatura) seleccionando uma forma de arco para a qual os momentos flectores são minimizados para as cargas permanentes ou semi-permanentes (peso próprio e efeitos diferidos).

Num arco com tabuleiro robusto, o tabuleiro é muito mais grosso que o arco, porque o tabuleiro tem que resistir à tendência de flectir ou deformar-se, deixando o segmento de arco a resistir à compressão pura. Neste tipo de pontes o tabuleiro pode ser muito mais esbelto do que uma simples viga, porque o seu peso é suportado pelo arco, e o arco pode ser muito mais esbelto do que um arco simples, porque é fortalecido pelo tabuleiro.

Sendo assim, isto é um dos argumentos que comprovam que os alcances dos arcos são superiores ao alcance das vigas.



**Figura 5.1 – Tipos de Arcos**

([www.brantacan.co.uk/bridges.htm](http://www.brantacan.co.uk/bridges.htm))

Quanto à sua morfologia podemos dividir os arcos em três tipos:

- Pontes em arco com tabuleiro superior;
- Pontes em arco com tabuleiro intermédio;
- Ponte em arco com tabuleiro inferior.



*Figura5.2 – Arco tabuleiro inferior    Figura5.3 – Arco tabuleiro intermédio    Figura5.4 – Arco tabuleiro superior*

### **5.2.1 Vantagens dos Arcos**

Todo o arco está em compressão. Esta compressão é transferida para os encontros, que por sua vez transmitem as tensões para o solo. A ausência de tracções no arco significa que ele consegue vencer vãos maiores do que as vigas, e permite o uso de materiais que não resistem a tracções.

### **5.2.2 Desvantagens dos Arcos**

O arco não se estabiliza até estar completo. Ou seja, é necessário cavaletes provisórios até estar completo ou as duas metades precisam se ser atirantadas por cabos para as extremidades à medida que se vão desenvolvendo. O impulso dos arcos grandes tem uma componente horizontal significativa que os encontros devem suportar sem movimentos significativos.

### 5.3 Pontes Atirantadas

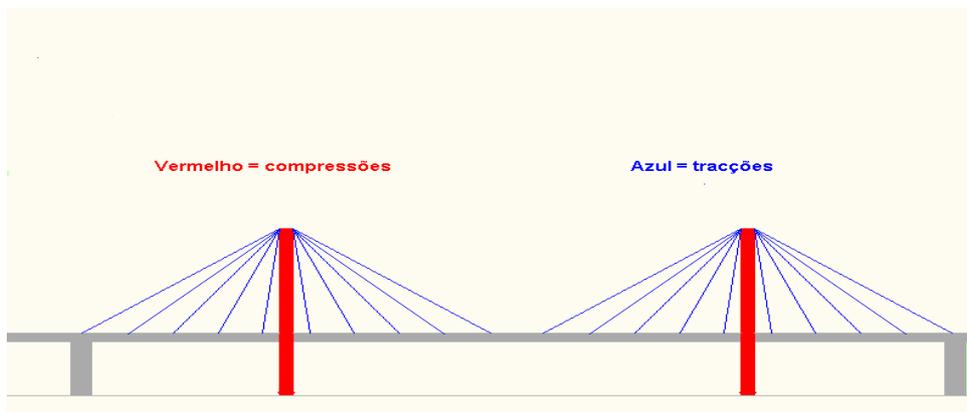
Os elementos fundamentais da estrutura resistente das pontes atirantadas são os tirantes, que são cabos rectos que atirantam o tabuleiro, proporcionando uma série de apoios intermédios mais ou menos rígidos.



**Figura 5.5 – Ponte Atirantada**

([www.geocities.com/lopuentes](http://www.geocities.com/lopuentes))

No entanto, eles não formam sozinhos a estrutura básica resistente da ponte, são necessárias as torres para elevar o apoio fixo dos tirantes, para que introduzam forças verticais no tabuleiro, que por sua vez intervêm no esquema resistente, porque os tirantes ao serem inclinados, introduzem forças horizontais que se devem equilibrar através do tabuleiro. Os três elementos, tirantes, tabuleiro e torres constituem a estrutura básica das pontes atirantadas.



**Figura 5.6 – Tracções e Compressões**

([www.geocities.com/lopuentes](http://www.geocities.com/lopuentes))

A ponte atirantada admite variações significativas, tanto na sua estrutura como na sua forma. A seguir descrevem-se as diferentes variações que estas pontes podem ter: ([www.brantacan.co.uk/bridges.htm](http://www.brantacan.co.uk/bridges.htm)).

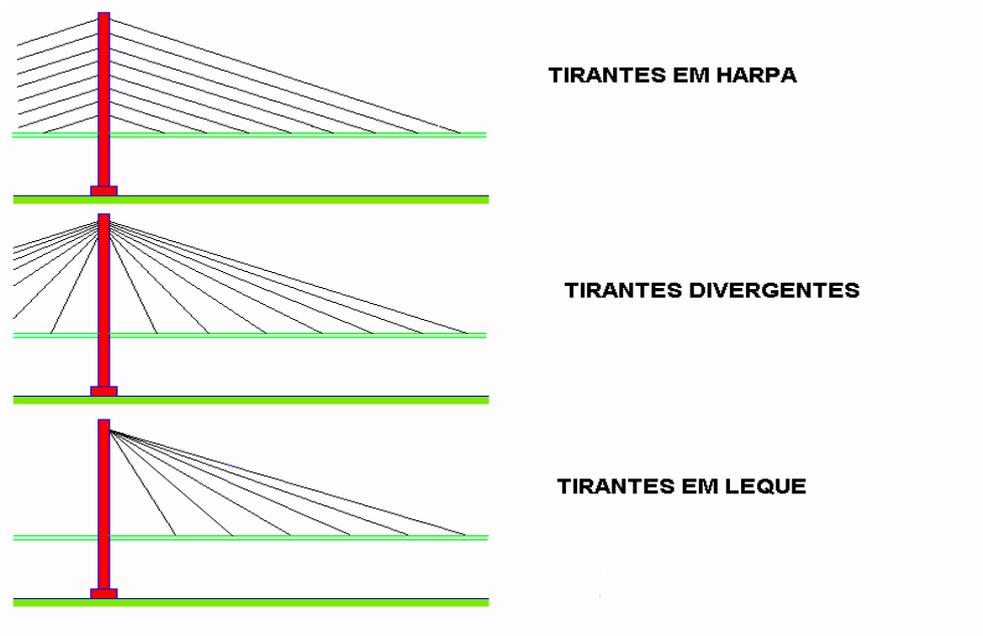
- Longitudinalmente podem ter duas torres e serem simétricas, ou uma só torre onde se suporta todo o vão principal;
- Podem ter dois planos de tirantes situados nos bordos do tabuleiro ou um só plano situado no eixo;
- Podem ter tirantes muito próximos ou poucos tirantes muito separados;
- Podem ter tirantes paralelos, radiais ou divergentes;
- As torres podem ter diversas formas, podem ser formadas por dois pilares, por um só, podem ter a forma de A, forma A prolongada verticalmente, etc.

### **5.3.1 Os Tirantes**

Os tirantes podem organizar-se de diversas formas. Em primeiro lugar é necessário definir o número de tirantes, ou seja a distância entre os pontos de ancoragem dos tirantes no tabuleiro. O número de tirantes é uma das questões que mais evoluiu nas pontes deste género. As primeiras tinham poucos tirantes, com distância entre ancoragens que chegou a passar os 50 metros. Nas pontes deste tipo actuais o número de tirantes é muito superior às pontes iniciais, utilizando distâncias entre ancoragens que variam entre os 5 e os 20 metros, de forma que a flexão que podemos chamar local, devido à distância entre apoios gerados pelos tirantes, seja insignificante em relação à flexão que

se produz pela deformação geral da estrutura. Se inicialmente a finalidade dos tirantes era criar uma série de apoios adicionais ao tabuleiro, este conceito evoluiu até se considerar os tirantes como um meio de apoio quase contínuo e elástico do tabuleiro. A distância entre ancoragens é logicamente menor nas pontes de tabuleiro em betão armado do que nas de tabuleiro metálico, devido em grande medida à técnica de construção por avanços sucessivos.

Aos tirantes paralelos chama-se disposição em harpa e aos tirantes radiais em leque. Os tirantes radiais ou divergentes funcionam melhor que os paralelos, porque o atirantamento é mais eficaz e as flexões nas torres menores.

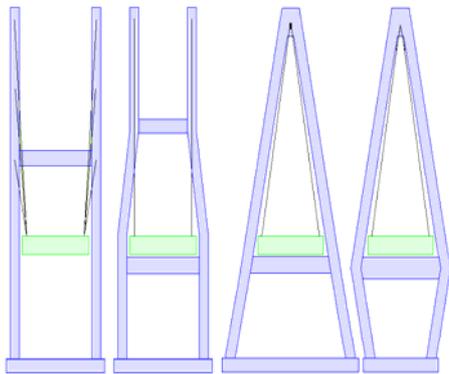


**Figura 5.7 – Disposição dos Tirantes**  
([www.brantacan.co.uk/bridges.htm](http://www.brantacan.co.uk/bridges.htm)).

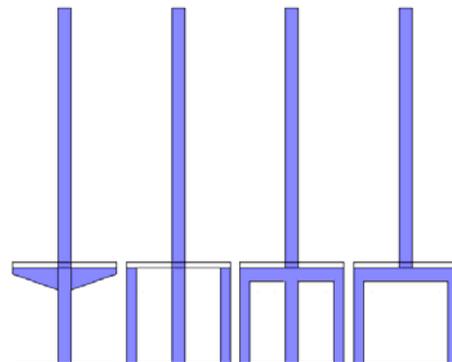
### 5.3.2 As Torres

Nas grandes pontes atirantadas com planos de cabos em ambos os bordos do tabuleiro, podem ser semelhantes às das pontes suspensas, dois

pilares verticais ou ligeiramente inclinados, unidos entre si por vigas horizontais ou cruces de santo André. Se os tirantes estão contidos em planos inclinados, a solução clássica é a torre em forma de A, que se utiliza com frequência. A partir da torre em A derivaram muitas variantes que se utilizaram em diversas pontes.



*Figura 5.8 – Arco tabuleiro inferior*



*Figura 5.9 – Arco tabuleiro superior*

[www.brantacan.co.uk/bridges.htm](http://www.brantacan.co.uk/bridges.htm)

### **5.3.3 O tabuleiro**

O tabuleiro intervém no esquema resistente básico da estrutura da ponte atirantada porque deve resistir às componentes horizontais transmitidas pelos tirantes. Estas componentes geralmente equilibram-se no próprio tabuleiro porque a sua resultante deve ser nula como na torre.

### **5.3.4 Vantagens e Desvantagens das Pontes Atirantadas**

As duas partes de tabuleiro que se desenvolvem a partir do pilar podem ser suportadas por cada lado. Não são necessárias ancoragens para

absorverem as elevadas forças horizontais, porque o próprio tabuleiro as equilibra. Podem ser mais económicas do que as pontes suspensas para determinados vãos.

Como desvantagens, em comprimentos longos, o tabuleiro é susceptível ao vento, que induz oscilações durante a sua construção. Os cabos, por sua vez, requerem cuidados com o tratamento para a sua protecção contra a corrosão.



*Figura 5.10 – Ponte Vasco da Gama*



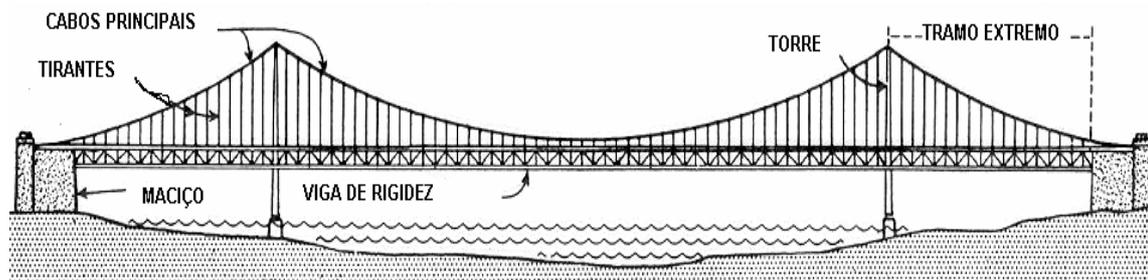
*Figura 5.11 – Ponte do Gwáladiana*



*Figura 5.12 – Ponte do Tampico*

## **5.4 Pontes Suspensas**

Numa ponte suspensa, o peso do tabuleiro e das cargas por ele suportadas é transmitido aos cabos de suporte por múltiplos pendurais que em geral são verticais. Os cabos, desviados no topo de cada um dos pilares, devem ser ancorados em cada margem na rocha ou num maciço contrapeso capaz de absorver os esforços de tracção produzidos pelas cargas. O tabuleiro, suspenso pelos cabos de suporte, transfere as cargas aos pendurais e assegurar a resistência da estrutura sob os efeitos do vento (M.J.Ryall 2000).



**Figura 5.13 – Ponte Suspensa**

([www.geocities.com/lopuentes](http://www.geocities.com/lopuentes))

Paradoxalmente a grande virtude e o grande defeito das pontes suspensas devem-se à sua qualidade, a ligeireza. A sua ligeireza, faz com que sejam sensíveis às cargas de tráfego porque a sua relação peso/carga de tráfego é mínima.

Actualmente as pontes suspensas utilizam-se quase exclusivamente para grandes vãos, tendo quase todas tabuleiros metálicos. A ponte suspensa é igual ao arco, uma estrutura que resiste graças à sua forma, que funciona exclusivamente à tracção, evitando graças à sua flexibilidade que apareçam flexões.

#### 5.4.1 O Cabo

É um elemento flexível, não tem rigidez e portanto não resiste a flexões. Se lhe aplicarmos um sistema de forças, tomará a forma necessária para que nele só se produzam esforços axiais de tracção. A forma do cabo coincide forçosamente com o funicular do sistema de cargas, que se define precisamente como a forma que toma um cabo flexível quando se aplica sobre ele um sistema de forças. A curva do cabo de uma ponte suspensa é uma combinação da catenária, porque o cabo principal pesa, e da parábola, porque o tabuleiro também pesa. No entanto, a diferença entre ambas as curvas é

mínima, e por isso nos cálculos geralmente utiliza-se uma parábola de segundo grau.

O cabo principal é o elemento básico da estrutura resistente. A sua montagem deve vencer o vão entre as duas torres, e para isso há que tê-lo vazio. Esta fase é a mais complicada na construção de pontes suspensas. Inicialmente montam-se uns cabos auxiliares, que são os primeiros a chegar de encontro a encontro.

#### **5.4.2 As Torres**

Foram sempre os elementos mais difíceis de projectar das pontes suspensas, porque são os que permitem maior liberdade. Nos anos 20 adquiriram uma forma própria, adequada à sua função e material. A maioria tinha dois pilares com secção caixão de alma cheia, unidos por travessas horizontais ou cruces de Santo André. Nas últimas pontes suspensas europeias construídas com torres metálicas utilizou-se um novo sistema de empalme de chapas que formam os pilares verticais. Em vez de usar uniões aparafusadas mediante a sobreposição de chapas, as uniões fazem-se de topo para que as compressões se transmitam directamente de chapa para chapa.

As torres não acarretam problemas especiais de construção, excepto a dificuldade que supõe elevar peças ou materiais a grandes alturas. As torres das pontes metálicas montam-se geralmente mediante guas trepadoras agarradas a elas, que se vão elevando à medida que vão subindo as torres. As de betão constroem-se mediante cofragens trepantes ou com cofragens deslizantes ([www.geocities.com/lospuentes](http://www.geocities.com/lospuentes)).

### **5.4.3 O tabuleiro**

A montagem do tabuleiro fez-se em muitas das grandes pontes suspensas por avanços sucessivos. O avanço faz-se simetricamente desde a torre até ao centro do vão principal e até aos extremos. Do próprio tabuleiro já construído vão-se montando peças, elevando-as com guias situadas sobre este até fechar o tabuleiro no centro do vão. Outro sistema de montagem, que se utilizou na maioria das últimas grandes pontes, e todas de secção em caixão, consiste em dividir o tabuleiro em aduelas de secção completa que se levam por flutuação até à sua posição definitiva, elevando-se depois com auxílio dos cabos principais. A sequência de montagem neste caso, é geralmente inversa ao sistema anterior, começando-se a colocar as aduelas centrais para depois se avançar para os pilares simetricamente.



*Figura 5.14 – Ponte George Washinton*



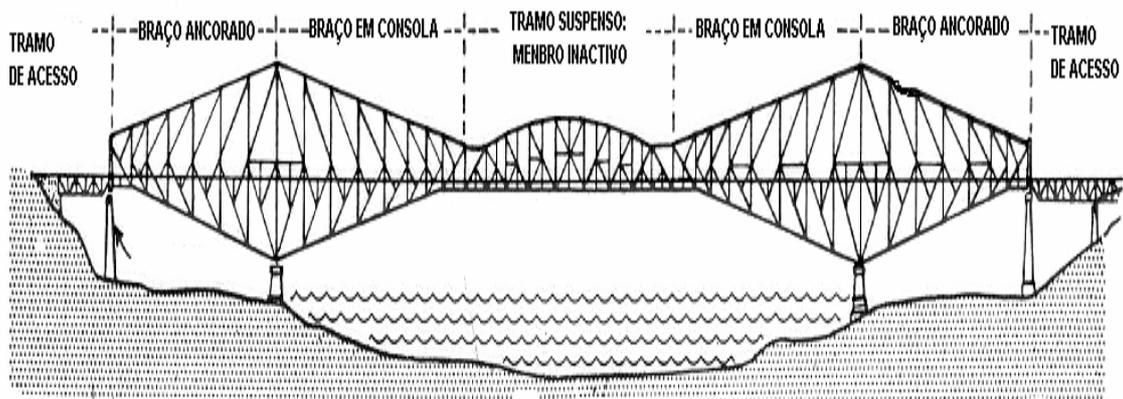
*Figura 5.15 – Ponte 25 de Abril*



*Figura 5.16 – Ponte de Brooklyn*

## 5.5 Pontes Vigas de Gerber

Estas pontes têm especial aplicação em tramos compridos. O seu nome deriva dos braços salientes que se projectam desde os pilares. O princípio das pontes em vigas de Gerber pode aplicar-se facilmente às pontes mistas. Existem viadutos de betão armado ou vigas metálicas em viga de Gerber, pontes metálicas que combinam o princípio de Gerber com o arco para formar o sistema conhecido com o nome de pontes de arco em viga de Gerber.



**Figura 5.17 – Ponte de viga de Gerber**  
([www.geocities.com/lopuentes](http://www.geocities.com/lopuentes))

As pontes em viga de Gerber podem geralmente ser construídas sem bloquearem o canal de navegação. Ela pode ser construída fora do local de aplicação para depois ser suspensa na sua posição final. Porque não existem ligações rígidas ao longo da ponte, movimentos verticais pequenos das fundações não são tão perigosos como podem ser noutra tipo de pontes.

Em 1866 o engenheiro Henrich Gerber patenteou um sistema que chamou viga Gerber, e que depois se conheceu também como viga cantilever. Este sistema consiste em introduzir articulações numa viga contínua para a tornar isostática, para que passem a ser uma série de vigas simplesmente

apoiadas prolongadas nos seus extremos. Com este sistema estamos perante as vantagens da viga contínua e da estrutura isostática. De viga contínua, porque os momentos flectores tem sinais alternos nos apoios e centro de vão, e portanto os seus valores máximos são menores que na viga apoiada. Estrutura isostática porque os seus esforços não se vêm afectados pelas deformações do terreno onde se apoiam.

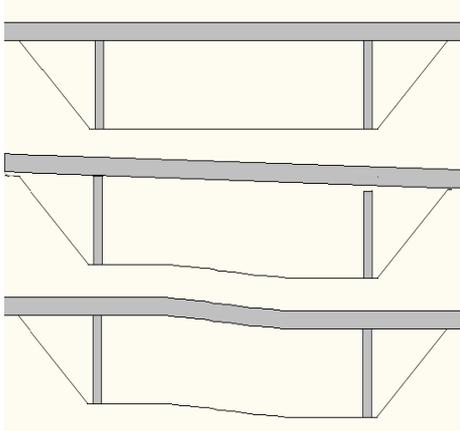


Figura5.18 – Deslocamentos na viga contínua

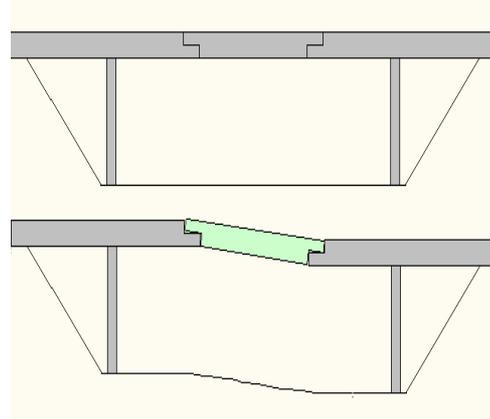


Figura5.19 – Deslocamentos na viga de Gerber

([www.brantacan.co.uk/bridges.htm](http://www.brantacan.co.uk/bridges.htm))

Na figura 5.18, como resultado dos movimentos dos apoios a viga fica sujeita a esforços que não existam aquando do seu projecto.

Na figura 5.19, na viga de Gerber os nós permitem movimentos, não transmitindo esforços à estrutura.

### **5.5.1 Vantagens e Desvantagens das vigas de Gerber**

Neste tipo de pontes podem fixar-se os apoios principais e manter as articulações móveis. Por outro lado, a determinação analítica das leis de esforços é muito mais fácil do que nas vigas contínuas devido precisamente ao facto de serem isostáticas. O vão por elas vencido pode ser maior do que o de

uma simples viga, porque uma viga pode ser adicionada aos braços em consola. Os suportes podem ser simples pilares porque não existe reacção horizontal. A construção treliçada é usada em muitos casos para reduzir o seu peso ([www.geocities.com/lospuentes](http://www.geocities.com/lospuentes)).



*Figura 5.20 – Ponte Forth Firth*



*Figura 5.21 – Ponte Pedonal*



*Figura5.22 – Ponte Quebec*

## **5.6 Pontes Treliçadas**

Não se podem descrever as pontes treliçadas como um tipo de pontes, porque a treliça é mais um tipo de construção do que um tipo de ponte. Os arcos e as vigas já foram todos construídos em treliça. A treliça é uma forma de aligeirar as estruturas colocando o material onde ele é mais eficiente, usando o princípio da triangulação para lhe conferir rigidez. Ignorando o peso dos seus

elementos, as forças nos dois extremos de uma barra têm que ser equivalentes.



**Figura 5.23 – Exemplos de treliças**

## **6 MÉTODOS CONSTRUTIVOS**

### **6.1 Resumo**

O projecto de uma obra especial, como é o caso das pontes, implica um sem número de opções, entre as quais a escolha do processo construtivo. Uma vez que este influencia de uma forma crucial a concepção de uma ponte, o seu estudo deve ser efectuado logo nas primeiras fases do projecto da infra e da superestrutura. Esta escolha decorre de um processo de análise, que é condicionado pelas condições locais, pelo custo das diversas soluções possíveis, pela segurança durante a construção da obra, pelos prazos de execução e pela capacidade técnica do empreiteiro. Os três processos construtivos mais importantes e que mais influenciam a concepção de uma ponte são:

- A construção por lançamento incremental;
- A construção utilizando vigas de lançamento;
- A construção utilizando avanços sucessivos.

### **6.2 A Construção de Pontes por Lançamento Incremental**

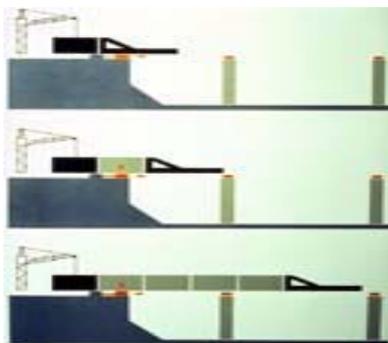
Embora muito pouco utilizado em Portugal, já tem sido adoptado com alguma frequência noutros países. Este método consiste na construção do tabuleiro por troços sucessivos numa área atrás de um dos encontros,

orientada segundo o eixo da obra, sendo depois colocado na sua posição definitiva através de uma translação longitudinal.

Devido às alternâncias de esforços provocadas pelas sucessivas alterações das condições de apoio, este método foi primeiramente utilizado para a construção de pontes metálicas uma vez que o aço trabalha igualmente bem à compressão e à tracção.

A utilização deste método foi impulsionada pela descoberta do téflon, que permitiu a construção de aparelhos de apoio com baixo coeficiente de atrito, e pelo desenvolvimento do pré-esforço, que permitiu aligeirar as estruturas e facilitar a ligação entre elementos.

Nas pontes construídas por este método, o tabuleiro é betonado em cofragens fixas situadas atrás dos encontros, sendo cada elemento betonado contra o anterior, podendo também ser pré-fabricados noutra local. O comprimento de cada elemento é condicionado pelas condições de retracção do betão e pela amortização das cofragens, sendo determinado normalmente de modo a que as juntas fiquem localizadas em pontos que na posição final do tabuleiro apresentem momento nulo. Após a solidarização dos elementos, o tabuleiro é deslocado por deslizamento sobre os seus pilares e encontros por acção de macacos hidráulicos fixos a um dos apoios. Quando o tabuleiro se encontra na sua posição definitiva é aplicado o pré-esforço final e transformado ou eliminado o pré-esforço provisório.



**Figura 6.1 – Esquema de construção**



**Figura 6.2 – Construção por incrementos**

### **6.2.1 Campo de Aplicação**

A utilização deste processo apenas é possível em obras com altura de tabuleiro constante e de perfil longitudinal recto ou de curvatura (horizontal e vertical) constante. Podem também ser efectuadas em obras com fraca curvatura no plano, aplicando deslocamentos laterais aquando do deslocamento segundo o eixo do tabuleiro.

### **6.2.2 Vantagens e Desvantagens do Método**

As principais vantagens são (Miguel Ferraz 2001):

- Toda a área situada sob o tabuleiro fica livre devido à ausência de cimbres e cofragens, não havendo o risco de queda de peças ou materiais nem de diminuição da altura livre;
- Estando quase toda a actividade de construção do tabuleiro concentrada numa área pequena e de fácil acesso, esta pode ser coberta protegendo os operários de condições climatéricas desfavoráveis e garantindo as condições de segurança e qualidade de fabrico que se conseguem numa instalação industrial de pré-fabricação;
- Rapidez de construção, pois existe a possibilidade de construir o tabuleiro e os apoios simultaneamente;

- O material de lançamento é ligeiro, pouco dispendioso e pouco dependente das características da obra pelo que pode ser reutilizado noutras obras, amortizando melhor o seu custo;
- Eliminação de custos de transporte associados aos sistemas de pré-fabricação;
- Eliminação de juntas de betonagem (secas ou com resinas);
- Possibilidade de diminuir o prazo de execução utilizando duas áreas de fabrico.

As principais desvantagens são (Miguel Ferraz 2001):

- O perfil longitudinal e a geometria do traçado são condicionados pelo processo construtivo, pelo que o aspecto estético poderá por vezes sair prejudicado;
- A secção da superestrutura tem de ser constante, o que para vãos superiores a 60 m é pouco económico;
- Necessidade de dispor de uma área considerável atrás de um dos encontros, pelo menos igual ao vão de um tramo, que nem sempre se encontra disponível, inviabilizando assim a utilização do processo;
- O recurso a um pré-esforço provisório é bastante dispendioso, apesar de ser possível incorporá-lo no pré-esforço final;

- Necessidade de tratamento do terreno de apoio da cofragem fixa, de modo a evitar imperfeições da geometria;
- A operação de deslocamento do tabuleiro requer bastante capacidade técnica por parte do empreiteiro.

Pode concluir-se então que o carácter competitivo do método está na simplificação das condições de execução e não na economia dos materiais utilizados. A economia que se obtém devido à não existência de escoramento faz com que este método seja, sobretudo, aconselhável em obras sobre vales profundos.

### **6.2.3 Concepção e Dimensionamento**

A secção mais frequente em obras construídas pelo método dos deslocamentos sucessivos é a secção em caixão, devido à sua adaptabilidade às alternâncias de esforços resultantes das operações de lançamento. Nos tabuleiros com largura inferior a 14 m é frequente a utilização de secções com duas almas, enquanto em tabuleiros com larguras superiores se utilizam secções com três almas ou duas secções paralelas com duas almas. Em obras rodoviárias, a relação entre a altura do tabuleiro e o vão do tramo situa-se entre 1/12 e 1/16, chegando-a atingir-se valores de 1/20, utilizando apoios intermédios provisórios. Estas relações permitem a utilização de apenas um “Avant-bec” cujo comprimento é normalmente de 50 a 60% do vão. A espessura da alma é, usualmente, superior a 40 cm de modo a suportar os esforços de corte nas operações de lançamento. As almas devem ser mais espessas na vizinhança dos apoios definitivos e a espessura dos banzos é condicionada pelo recobrimento dos cabos de pré-esforço.

Durante as operações de deslizamento, todas as secções do tabuleiro são sujeitas a momentos flectores de sinal e intensidade variáveis, pois a mesma secção tanto pode pertencer ao vão como ao apoio, o que implica a utilização de pré-esforço auxiliar importante ao longo de toda a obra. O pré-esforço longitudinal das obras construídas por este processo difere, conforme o deslizamento seja unilateral ou bilateral, isto é se for feito a partir de apenas um dos encontros ou dos dois. No caso do deslizamento unilateral, durante o lançamento, a linha media do pré-esforço deve ser rectilínea e localizada no centro de rigidez da secção, de modo a produzir uma compressão uniforme em todos os pontos da secção. Após o final da obra, a linha média do pré-esforço deve aproximar-se da fibra superior do tabuleiro sobre os apoios, e da fibra inferior a meio vão, utilizando-se para o efeito cabos ondulados ao longo de todo o tabuleiro ou cabos rectos interrompidos. O pré-esforço centrado é, normalmente, realizado através de cabos localizados horizontalmente nas faces superiores e inferiores do tabuleiro, podendo ser provisórios ou definitivos, enquanto que o pré-esforço excêntrico é colocado em cabos inclinados dispostos ao longo das almas. Quando o deslocamento é bilateral, a fase final deste método construtivo assemelha-se no vão central ao caso da construção por avanços sucessivos e o esquema de pré-esforço inclui cabos para a flexão e solidarização das consolas e ainda cabos provisórios para resistir aos esforços resultantes do lançamento.

A continuidade do pré-esforço nas juntas de construção pode ser garantida por intermédio de acopladores ou por sobreposição parcial dos cabos. A utilização dos acopladores diminui as perdas por atrito e evita os comprimentos excessivos devido às sobreposições, sendo contudo dispendiosos e delicada a sua colocação em obra.

É importante ter em conta as acções horizontais que surgem devido ao atrito durante as operações de lançamento. O coeficiente de atrito utilizado no calculo varia entre os 4 e os 7%, no entanto, os valores normalmente medidos em obra estão entre os 2 e os 3.5%. Estas forças horizontais só se verificam

durante as operações de lançamento e prejudicam, sobretudo, os pilares e o encontro de onde a obra é lançada. Os esforços instalados nos pilares, nomeadamente os momentos flectores na base, podem ser reduzidos se os pilares forem atirantados durante a fase construtiva ou se os dispositivos de escorregamento forem colocados com uma excentricidade em relação ao eixo do pilar na direcção contrária á qual se processa o desenvolvimento. A rigidez da viga nariz, “Avant-bec”, influencia a distribuição de esforços na estrutura, devendo ser considerada na sua análise e dimensionamento.

#### **6.2.4 O Dispositivo de Escorregamento**

Os dispositivos de escorregamento são constituídos por placas de neoprene, revestidas a téflon, colocadas debaixo do tabuleiro e que deslizam sobre placas de aço inoxidável fixas aos apoios. Cada dispositivo está apetrechado com guias laterais de modo a evitar o escorregamento lateral do tabuleiro e a possibilitar pequenas correcções de trajectória, caso seja necessário.

Existem duas técnicas de lançamento que implicam diferentes dispositivos de escorregamento: o lançamento contínuo e o lançamento descontínuo. No início da aplicação deste método era utilizado o lançamento descontínuo. Neste caso, existe apenas uma placa de escorregamento sobre cada apoio que é colocada no início do dispositivo, sendo o tabuleiro empurrado até a placa chegar à outra extremidade do dispositivo. Nessa fase o tabuleiro tem de ser levantado e a placa colocada de novo no início do dispositivo. A amplitude de cada movimento, estava, assim condicionada pela largura do dispositivo de escorregamento e este pela largura do pilar. Actualmente, a técnica mais utilizada é a de lançamento contínuo, onde se utilizam varias placas de escorregamento sobre cada dispositivo. Sempre que

uma delas está a chegar ao fim do dispositivo, está outra a ser colocada no seu início. Esta técnica permite um movimento contínuo do tabuleiro, evita o levantamento sistemático do mesmo e é independente da largura dos pilares.

### 6.2.5 O Dispositivo de Translação

O dispositivo utilizado para “empurrar” a ponte é, normalmente, fixo na frente do troço de tabuleiro que se acabou de construir, podendo o esforço necessário ao movimento do tabuleiro ser aplicado de duas maneiras diferentes:

- ***Por tracção utilizando macacos hidráulicos e cabos ou barras.***

Neste método são fixas barras ao tabuleiro, que puxam consigo este último quando traccionadas pelos macacos hidráulicos, localizados no encontro em direcção ao qual o tabuleiro se desloca.

- ***Por aplicação directa, utilizando um dispositivo para empurrar.***

Este aparelho é constituído por macacos horizontais e verticais. Os macacos verticais possuem no topo uma superfície rugosa e na base uma superfície deslizante, de modo que, quando accionados ficam presos ao tabuleiro no topo, mas com a possibilidade de deslizar sobre a base sob acção dos macacos horizontais. Quando estes últimos chegam ao final do seu curso, os macacos verticais são

desactivados e retornam, juntamente com os horizontais, à sua posição inicial, ficando aptos a recomeçar novo ciclo.

### **6.2.6 Ciclos de Construção**

Os meios utilizados em cada obra influenciam muito o ritmo de construção do tabuleiro. A duração média de construção de cada elemento é de cerca de uma semana. É conveniente que o fim da betonagem seja à Sexta-feira, de forma ao betão curar durante o fim-de-semana e ser possível na Segunda-feira proceder às operações de pré-esforço e lançamento. O lançamento em si, representa uma pequena parcela do período de construção, sendo a velocidade de lançamento de cerca de 2 a 5 m/h, sendo suficiente meio-dia para o lançamento de cada elemento.

### **6.3 A Construção de Pontes com Vigas de Lançamento**

Este método é dos mais utilizados em Portugal para a construção de pontes por este método utiliza-se uma viga de lançamento metálica autoportante apoiada sobre os apoios definitivos da obra e sobre uma parte do tabuleiro já construído deslocando-se de um tramo para o tramo seguinte de forma autónoma. Este procedimento permite vencer vales extensos, rios e desnivelamentos urbanos, sem a necessidade de utilizar escoramento ao solo, sendo assim independente dos condicionalismos impostos pela zona de atravessamento e mantendo livre, em parte ou na totalidade, a área inferior ao tabuleiro.

As vigas de lançamento são constituídas por uma viga portante longitudinal e por uma plataforma auxiliar que suporta as cofragens ou os

elementos pré-fabricados. As vigas de lançamento podem ser classificadas como vigas de lançamento superior ou inferior, conforme a viga portante se situe por cima ou por baixo da plataforma auxiliar, ou mistas utilizando ao mesmo tempo vigas portantes superiores e inferiores. As vigas portantes podem ser de alma cheia ou treliçadas, sendo em qualquer dos casos construídas de modo a serem facilmente montadas e desmontadas para possíveis reutilizações. Existem ainda vigas de lançamento cuja função é apenas de suspender e posicionar peças pré-fabricadas sendo neste caso designadas por vigas de montagem.



**Figura 6.3 – Viga de lançamento inferior**



**Figura 6.4 – Viga de lançamento em movimento**



**Figura 6.5 – Viga de lançamento superior**



**Figura 6.6 – Consolas de apoio das vigas**

### 6.3.1 Campo de Aplicação

A aplicação deste processo demonstra-se vantajosa em obras de eixo rectilíneo ou com pequena curvatura, de grande comprimento e, normalmente, de secção constante. Este método é utilizado com frequência em pontes com vãos entre os 30 e 55 m, estando o vão óptimo entre os 40 e 50 m. Sendo todo o equipamento independente do solo, o tempo de execução e o custo do tabuleiro não depende da altura da obra, pois o acesso à frente de trabalho é efectuado pelo tabuleiro já construído, tanto para pessoas como materiais.

### 6.3.2 Vantagens e Desvantagens do Método

As principais vantagens são (Miguel Ferraz 2001):

- Rapidez de construção: a construção de um vão demora cerca de uma semana, podendo mesmo ser possível a construção de cada vão em cerca de 5 dias, se forem utilizados elementos pré-fabricados;
- Facilidade de construção do tabuleiro, devido à facilidade de acesso à frente de trabalho, sobretudo no caso de vigas de lançamento inferior;
- Facilidade na sistematização das operações, possibilidade de ajustamentos e adaptações no decorrer da obra;
- Independência do trabalho em relação ao solo, que proporciona a não interrupção dos trabalhos devido a cheias, tráfego, etc.

- Segurança dos operários, pois estes possuem uma superfície relativamente grande para trabalhar.

A principal desvantagem do método é o avultado investimento necessário para aquisição, transporte e operações de montagem/desmontagem da viga de lançamento. Estas estruturas são bastante pesadas uma vez que têm que vencer vãos consideráveis suportando o seu peso e o peso do betão de um tramo da obra. A amortização destes equipamentos só é possível em viadutos de grande comprimento ou através da sua reutilização em diversas obras.

### 6.3.3 Conceção e Dimensionamento

De forma a viabilizar o processo, a geometria do tabuleiro, dos pilares e da viga de lançamento têm de ser estudadas em conjunto. A secção transversal do tabuleiro é, normalmente, constituída por vigas em T, podendo também ser constituídas por vigas caixão. O uso da secção em caixão só acontece quando se utiliza a pré-fabricação, pois esta secção mostra-se inadequada quando o tabuleiro é betonado em obra. A relação óptima entre a altura do tabuleiro e o vão de cada tramo é aproximadamente 1/15, variando normalmente entre os valores 1/12 e 1/18.

Ao contrário dos métodos de lançamento incremental e de avanços sucessivos, o pré-esforço das obras construídas por este processo é praticamente independente do processo construtivo e, como tal, dimensionado como se tratasse de uma viga contínua. A continuidade dos cabos de pré-esforço entre cada troço pode ser obtida através dos acopladores ou da sobreposição parcial dos cabos.

### 6.3.3.1 Vigas de Lançamento Superior

Neste tipo de viga de lançamento a viga encontra-se completamente acima do tabuleiro. Geralmente a viga apoia-se sobre a parte do tabuleiro já construída e sobre os pilares na parte da frente. Na fase de betonagem, a cofragem é suspensa da viga portante utilizando tirantes, colocados criteriosamente de modo a minimizar os esforços sobre a mesma.

A viga de lançamento é, normalmente, efectuada numa plataforma atrás do encontro de partida de onde é lançada para a construção do primeiro tramo. Se não existir esse espaço atrás do encontro, as operações de montagem tornam-se muito mais complexas, sendo necessário recorrer a escoramentos ao solo para a montagem da viga sobre o primeiro vão.

As vantagens deste tipo de vigas de lançamento são diversas, destacando-se a maior independência da forma do tabuleiro e dos pilares em relação ao processo construtivo, a possibilidade de executar a viga com a altura óptima e de usar um dispositivo de abastecimento, por exemplo de betão, suspenso da viga, e sendo a plataforma de montagem à cota do fundo do tabuleiro, não há necessidade de efectuar escavações ou aterros. As desvantagens são basicamente duas, a obstrução do plano de trabalho por elementos de suspensão e a necessidade de estes elementos atravessarem o tabuleiro, obrigando à sua desmontagem aquando do lançamento da viga.

### 6.3.3.2 Vigas de Lançamento Inferior

Neste tipo de vigas o equipamento encontra-se sob o tabuleiro e a viga suporta directamente a cofragem. Por vezes, existem várias vigas, por exemplo uma central e duas laterais, sendo o comprimento das laterais sensivelmente iguais ao do tramo em construção e o da central aproximadamente o dobro. A

função das vigas laterais é o suporte da cofragem enquanto a função da viga central é o lançamento do conjunto de um tramo para o outro.

Aquando da utilização deste tipo de vigas de lançamento o acesso dos materiais poderá ser feito facilmente, utilizando uma grua instalada sobre a parte do tabuleiro já construída e deslocando-se conforme a progressão do tabuleiro.

As vantagens deste tipo de vigas são a facilidade de acesso ao plano de trabalho e a inexistência de elementos de suspensão. As desvantagens devem-se às dificuldades no avanço das vigas de lançamento, à necessidade de utilização de dispositivos especiais fixos aos pilares para suporte das vigas, às dificuldades associadas à construção das vigas carlingas, de realizar obras curvas.

#### 6.3.3.3 Vigas de Lançamento de Assemblagem

Este tipo de viga serve para apoiar a assemblagem de elementos pré-fabricados ou de aduelas e deve suportar, como noutros casos, o peso de um tramo completo. Este tipo de viga de lançamento é normalmente superior ao tabuleiro a construir, podendo no entanto, ser inferior ao mesmo.

#### 6.3.4 Ciclos de Construção

Admitindo uma frente só de betonagem, cada ciclo de construção é constituído pelas seguintes fases:

- Lançamento das vigas e regulação das cofragens;

- Armação de ferro, introdução das bainhas de pré-esforço e betonagem;
- Cura do betão;
- Aplicação do pré-esforço e descofragem.

A duração de cada ciclo é, aproximadamente, de duas semanas, sendo nalguns casos possível reduzir esse período para uma semana, caso sejam utilizadas vigas de lançamento inferiores.

#### **6.4 A Construção de Pontes por Avanços Sucessivos**

Neste método a construção do tabuleiro é efectuada a partir dos seus apoios, através de aduelas construídas em consola. Cada aduela é ligada à antecedente com uma resistência suficiente para ser autoportante e servir de apoio às aduelas seguintes. Sendo assim, tem de suportar o peso próprio das aduelas a construir, das cofragens e do equipamento necessário à construção de cada uma delas. No passado, devido às elevadas quantidades de armaduras exigidas para resistir aos momentos negativos sobre os apoios, as lajes fortemente armadas tinham a tendência a fissurar. Por esta razão, este método só começou a ser bem aceite com a introdução do pré-esforço. O pré-esforço melhorou o comportamento a longo prazo, evitando a fissuração, mas também o comportamento estrutural, possibilitando a continuidade das consolas e evitando as articulações até aí utilizadas a meios dos vãos.

Normalmente, a construção é efectuada utilizando aduelas, pré-fabricadas ou betonadas in situ, de um modo simétrico, a partir dos pilares da obra, de modo a evitar a introdução de esforços de flexão nos pilares e fundações. Após a construção de cada aduela e antes da descofragem é

necessário aplicar o pré-esforço para assegurar a solidarização com a parte já construída.

A construção é, por vezes, assimétrica, quer no caso do avanço a partir dos pilares, quer a partir dos encontros. A construção assimétrica a partir dos pilares pode ser efectuada apoiando a consola maior, utilizando escoras ou bielas auxiliares, betonando partes da menor consola do tabuleiro de forma a servirem de contrapeso, ancorando ou usando lastro numa das extremidades.



**Figura 6.7 – Carro de Avanço**



**Figura 6.8 – Carro de Avanço**



**Figura 6.9 – Mecanismo de deslocamento do Carro de Avanço**

### **6.4.1 Campo de Aplicação**

Este processo de construção é normalmente utilizado para vãos entre os 50 e os 150 m, estando os vãos mais utilizados compreendidos entre os 70 e os 90 m. Para vãos inferiores a 50 m, este método começa a perder interesse face aos dois anteriores e para vãos superiores a 60 m é, normalmente, a solução mais viável.

### **6.4.2 Vantagens e Desvantagens do Método**

A vantagem mais importante deste processo é a ausência de cimbramentos e escoramentos, libertando todo o espaço debaixo da ponte. Este método tem bastante utilidade em obras com pilares altos e atravessando vales largos e profundos, onde o escoramento é oneroso e em obras sobre rios com correntes fortes e variáveis onde o escoramento pode ser perigoso. Existem outras vantagens como a utilização de poucas cofragens e o seu aproveitamento ao longo de toda a obra, bom rendimento de mão-de-obra devido à mecanização do processo e possibilidade de acelerar o processo utilizando diversas frentes de trabalho (Miguel Ferraz 2001).

Devido ao grau de dificuldade inerente a este processo construtivo, uma das principais desvantagens é a grande capacidade técnica exigida ao empreiteiro responsável pela obra. A meticulosidade da operação de avanço da cofragem e o rigor exigido no controlo geométrico da obra são dois bons exemplos da necessidade de um elevado nível de preparação (Miguel Ferraz 2001).

### **6.4.3 Concepção e Dimensionamento**

Em obras com vãos superiores a 80 m, o tabuleiro, tem um perfil longitudinal variável, de forma a diminuir o seu peso próprio das zonas com menores esforços instalados, o meio vão. Disto, resulta uma economia de materiais e uma diminuição dos esforços instalados nas secções vizinhas dos apoios. O perfil variável contribui para melhorar a estética da obra.

Devido ao processo construtivo surgem momentos negativos ao longo de quase todo o tramo, sendo de valor considerável junto aos apoios. Assim a secção transversal tubular ou em caixão é a que melhor se adapta a estes esforços pois o seu banzo inferior é bastante largo. Outra vantagem deste tipo de secções é a sua elevada resistência à torção e um melhor rendimento mecânico, que possibilita a utilização de tensões mais baixas diminuindo assim os efeitos resultantes da fluência. O elevado número de almas por tabuleiro, apesar de ser favorável ao comportamento transversal do mesmo, implica a utilização de muita cofragem e de almas mais finas, de forma a não aumentar exageradamente o peso próprio do tabuleiro, que é prejudicial à montagem das armaduras, à colocação dos cabos de pré-esforço e suas ancoragens e às operações de betonagem. A utilização de almas inclinadas favorece a obra esteticamente, não implicando qualquer tipo de complicações na execução do tabuleiro.

A espessura da laje superior do tabuleiro está condicionada pela localização das almas e pelo tamanho das consolas exteriores, sendo da ordem dos 20 cm, podendo utilizar-se pré-esforço transversal para tabuleiros muito largos. A espessura da laje inferior do tabuleiro está condicionada, junto aos apoios, pelas tensões instaladas provocadas pelos momentos negativos e, junto ao meio vão, está condicionada pelo recobrimento dos cabos de solidarização, caso existam.

Sobre os apoios e nas secções das juntas de dilatação é usual a utilização de diafragmas para distribuição de esforços de corte e torção, nos quais devem ser previstas aberturas de forma a possibilitar a circulação do pessoal e a passagem de canalizações. A estrutura final pode ter vários esquemas construtivos: pórticos contínuos com rótulas a meio vão, vigas em consola dos pilares unidas por uma viga biapoiada nos extremos das consolas, pontes atirantadas, pontes em arco ou com pilares inclinados.

Actualmente, a solução mais utilizada é a de pórticos contínuos sendo a continuidade entre consolas obtida através da ligação das suas extremidades por betonagem/colocação de aduelas, conhecidas por aduelas de fecho, e utilização de cabos de pré-esforço de solidarização. Após a união das consolas, é necessário ter em consideração as variações longitudinais do tabuleiro devido à retracção, à fluência e às variações de temperatura.

O apoio do tabuleiro sobre os pilares pode ser efectuado por encastramento directo no caso de os pilares serem suficientemente flexíveis, por encastramento elástico, através de dois aparelhos de apoio ou lâminas de betão colocados no topo dos pilares ou por apoio simples no topo dos pilares.

Quando o vão é superior a 200 m, a quantidade de pré-esforço aumenta substancialmente assim como o peso da laje inferior da viga caixão que, normalmente, constitui o tabuleiro. É então necessário aumentar o braço útil dos cabos de pré-esforço separando os cabos do tabuleiro. Este desvio consegue-se prolongando os pilares acima do tabuleiro e utilizando cabos de pré-esforço exteriores. Estas pontes chamam-se atirantadas e podem ser consideradas como pontes de avanços com pré-esforço exterior.

O pré-esforço nas obras construídas pelo processo de avanços sucessivos é, geralmente, composto por duas famílias de cabos: cabos de consolas e cabos de solidarização. Os cabos das consolas são colocados perto da laje superior do tabuleiro e vão sendo tensionados no decorrer da obra de forma a resistirem ao aumento dos momentos negativos. O traçado destes cabos pode ser inclinado ao longo das almas, o que permite a redução do

esforço transversal devido às componentes verticais do pré-esforço, ou ser rectilíneo ao longo da laje superior diminuindo as perdas por atrito dos cabos e facilitando o seu enfiamento. Os cabos de solidarização são colocados na laje inferior do tabuleiro ou na parte inferior das almas, perto do meio vão, servindo para estabelecer a continuidade entre as consolas e resistir aos momentos positivos que surgem devido aos efeitos diferidos e às cargas de utilização.

#### **6.4.4 Construção com Aduelas Betonadas “ in situ”**

A solução mais corrente é a utilização de um par de equipamentos móveis que se deslocam na face superior da extremidade das consolas, constituídos por cofragens suspensas e por uma estrutura metálica de suporte. A função da estrutura metálica é a de localização no espaço da aduela e de suporte da mesma até à cura do betão e aplicação do pré-esforço. A estabilidade dos equipamentos é assegurada por ancoragem da estrutura metálica na aduela adjacente já betonada.

O arranque das consolas é efectuado através da construção de uma aduela sobre o pilar, normalmente denominada por aduela 0, utilizando cofragens tradicionais apoiadas no solo, na fundação ou, no caso de pilares muito altos, no próprio pilar. A dimensão desta aduela é condicionada pela dimensão dos equipamentos móveis e pelo seu esquema de montagem. A sua construção é, normalmente, bastante mais demorada do que a das restantes aduelas devido à execução dos diafragmas e à falta de mecanização do processo.

A duração de cada ciclo é, geralmente, de uma semana com cinco dias úteis, sendo um dia para aplicação do pré-esforço, descofragem e avanço do equipamento, dois dias para a colocação de armadura e cabos de pré-esforço, um dia para betonagem e três dias, incluindo o fim-de-semana, para cura do

betão. Uma forma de aumentar o rendimento dos equipamentos é a de utilizar equipamentos que permitam construir aduelas mais compridas aumentando a velocidade de construção. Estes equipamentos são mais dispendiosos devido ao aumento das cargas por ele suportadas. A diminuição da duração dos ciclos construtivos pode ser efectuada acelerando a cura do betão e utilizando lajes superiores e almas pré-fabricadas. A aceleração da cura do betão pode ser efectuada através de tratamento térmico, aquecendo os agregados com vapor, utilização de água quente ou aquecimento directo do betão por jactos de vapor e pela utilização de estufas ou através da incorporação de resistências eléctricas dentro do betão. Estes métodos podem aumentar o rendimento para duas aduelas por semana.

#### **6.4.5 Construção com Aduelas Pré-fabricadas**

Recentemente esta variante começa a ser muito utilizada devido às melhorias introduzidas no processo de pré-fabricação e transporte e também devido à redução dos custos associados à mão-de-obra. A pré-fabricação das aduelas tem como vantagem primordial uma maior velocidade de construção atingindo-se rendimentos de uma aduela por dia e por equipamento. Outras vantagens deste método são o controle mais eficiente das características do betão, evitar as dificuldades de aplicação do pré-esforço em betões recentes, diminuir os efeitos da retracção e da fluência do betão e a independência das condições ambientais nas operações de betonagem.

As aduelas podem ser colocadas em obra pelo processo clássico de betonagem de uma junta com alguns centímetros de espessura ou utilizando juntas secas com o auxílio de colas à base de resinas époxydas, não havendo necessidade de esperar pela cura do betão para aplicar as forças de pré-esforço. Estas colas são de endurecimento muito rápido e pouco sensíveis às

condições termohigrométricas, tendo funções diferentes na fase de construção e utilização. Na fase de construção, lubrificam as superfícies de contacto entre aduelas e compensam as pequenas imperfeições geométricas no contacto entre elas. Na fase de utilização, transmitem os esforços de compressão e de corte entre as aduelas e tornam as juntas impermeáveis à água.

## **7 CONSERVAÇÃO, MANUTENÇÃO E INSPECÇÃO DE PONTES**

### **7.1 Resumo**

A inspecção de pontes deve decorrer com um conjunto de procedimentos normalizados, de forma a maximizar a qualidade / utilidade da informação obtida com os escassos recursos disponíveis. Para se poder seleccionar as tarefas de manutenção / reparação que efectivamente são mais prementes, essa informação deve ser o mais objectiva possível, não depender da equipa de inspecção e poder ser facilmente confirmada pelos seus protagonistas. Para tal, deve-se apostar fortemente nos seguintes vectores: formação de pessoal elaboração de manuais de inspecção, criação de um sistema classificativo das ocorrências função do tipo de obra, gestão de uma base de dados simultaneamente sumária e auto-suficiente e aferição de procedimentos.

Sendo assim, com o crescente desenvolvimento em Portugal de uma preocupação de conservação e manutenção das obras de arte, impulsionada por diversos factores, entre os quais se destacam: o aumento significativo do numero de pontes; o considerável envelhecimento do parque de pontes; a ausência, até agora, de uma efectiva politica de conservação e a ocorrência de alguns acidentes graves, a necessidade de elaboração de um documento orientador deste sector assume especial importância pelo facto de se prever que no futuro próximo haverá um número significativo de profissionais em engenharia civil a desempenhar este tipo de actividades.

## **7.2 Inspeções**

As inspeções devem ser realizadas por profissionais competentes e experientes para garantir uma elevada qualidade das avaliações realizadas. Somente desta forma se poderá minimizar o risco de acidentes causados pela deficiente interpretação das anomalias observadas e otimizar a relação custo/benefício.

### **7.2.1 Inspeções de Inventário**

Uma inspeção de inventário é a primeira inspeção de uma ponte e consiste no registo, de uma forma sistemática e organizada, das características da obra que possam servir de base à sua manutenção e conservação. Neste âmbito, deverá, também, ser efectuada a recolha e sistematização de toda a informação referente à obra. Uma ponte deverá ser sujeita a uma inspeção de inventário sempre que houver uma mudança na configuração da estrutura, como por exemplo no caso do tabuleiro sofrer um alargamento (Paulo J.S Cruz 2004).

Estas inspeções servem para determinar o estado estrutural de referência, identificando eventuais problemas existentes ou as secções da estrutura potencialmente vulneráveis a anomalias. É no decurso destas inspeções que alguns componentes susceptíveis de rotura são referenciados para posteriormente serem alvo de uma análise mais pormenorizada.

### **7.2.2 Inspeções de Rotina**

As inspeções de rotina são inspeções de natureza expedita, com a periodicidade de cerca de quinze meses. Estas consistem num número suficiente de observações e/ou medições, com o objectivo de determinar o estado de conservação da ponte, tanto em termos físicos como funcionais, de identificar quaisquer problemas em formação e/ou mudanças no estado de inventário, assim como garantir que a estrutura continue a satisfazer as exigências actuais de segurança e de funcionalidade (Paulo J.S Cruz 2004).

Nas inspeções de rotina, o inspector deverá identificar claramente os trabalhos que terão de ser executados para suprimir as anomalias detectadas em cada componente, devendo incluir uma estimativa dos custos e das implicações de cada intervenção.

### **7.2.3 Inspeções Principais**

As inspeções principais consistem na observação minuciosa e no registo das condições de funcionamento de uma ponte e dos seus componentes emersos ou submersos, permitindo detectar quaisquer deficiências não visíveis numa inspeção de rotina. Sempre que necessário dever-se-á recorrer a meios especiais de acesso (veículo de inspeção com gaiola basculante, andaimes fixos, andaimes deslizantes, etc.).

Estas inspeções exigem, por parte do inspector, uma larga experiência do funcionamento estrutural de obras de arte e da evolução previsível dos vários tipos de anomalias.

Este tipo de inspeções tem geralmente uma periodicidade de cerca de 5 anos, podendo no entanto, em casos particulares, ser inferior para ter em

conta as características de uma determinada obra ou em função da possível existência de anomalias detectadas em inspeções precedentes.

Os procedimentos e as conclusões das inspeções principais devem ser integral e cuidadosamente documentados com fotografias, filmes ou outros elementos gráficos apropriados e um relatório escrito. Este deverá incluir eventuais recomendações para a conservação ou reabilitação da obra de arte e uma calendarização de posteriores inspeções principais, ou a conveniência da realização de uma inspeção especial. Neste registo, deverão ser identificadas as anomalias mais graves que comprometam o bom desempenho dos diversos componentes da obra de arte, quer a nível de durabilidade quer de segurança.

#### **7.2.4 Inspeções Especiais**

Este tipo de inspeção não tem carácter sistemático ou periódico, porque não responde a uma estratégia estudada com antecedência. Em geral, a inspeção especial é proposta quando é verificada uma anomalia cuja causa, extensão ou gravidade se desconhece, ou se conhece com algum grau de incerteza, mas cuja avaliação se considera fundamental para garantir a segurança e/ou durabilidade da estrutura. Poderá ser necessário conhecer o grau de deterioração dos materiais, identificar a sua causa, avaliar o impacto que a anomalia tem, em termos de resistência e de desempenho de determinados componentes, prever a sua evolução, etc (Paulo J.S Cruz 2004).

A realização de uma inspeção especial supõe a execução de um conjunto de ensaios complementares, que requerem a utilização de técnicas e equipamentos especiais. Isso implica, necessariamente, a presença de técnicos especialistas de diferentes campos. Os ensaios e equipamentos escolhidos devem ser os mais indicados, para que a inspeção especial seja conclusiva, em relação ao que se pretende analisar.

Os ensaios mais usuais nesta inspeção são:

- Ensaios não destrutivos;
- Extracção de carotes;
- Provas de carga estáticas;
- Provas de carga dinâmicas.

### **7.2.5 Inspeções Subaquáticas**

O nível e a periodicidade das inspeções subaquáticas dependem de factores como a idade da ponte, o material de construção, o tipo de estrutura, os antecedentes de manutenção, o terreno do leito, a profundidade e a velocidade dos caudais de cheia. As inspeções subaquáticas devem realizar-se com uma atenção redobrada, considerando que o estado aparentemente normal da obra pode ocultar certas falhas. Esta preocupação deve ser acentuada no caso de fundações rodeadas de protecções de enrocamento, sempre que se duvidar da existência de estacas ou não se conhecer o tipo de fundação.

As inspeções subaquáticas deverão ser efectuadas por mergulhadores qualificados e tendo como referência os resultados de estudos hidrológicos. Em determinadas circunstâncias, pode ser conveniente recorrer a robôs submergíveis, com características adequadas.

### **7.3 Sistemas de Gestão**

A estrutura clássica de um sistema de gestão de pontes é constituída pelos seguintes módulos: base de dados inventarial; base de dados de

manutenção; nível de projecto e de análise da rede e previsão da degradação de uma estrutura.

### **7.3.1 Base de dados inventarial**

Na base de qualquer sistema de gestão de pontes está sempre uma base de dados inventarial que contém informação dos tipos de elementos de cada estrutura. Para cada estrutura podem existir centenas de atributos armazenados. O armazenamento, ordenação e tratamento de toda essa informação no processo de decisão e de calendarização da manutenção ou reparação dum estrutura constitui a essência da sua existência. Convém, no entanto, ter bem claro que o armazenamento de informação em excesso poderá retirar eficácia à base de dados e exigir grandes recursos (Paulo J.S Cruz 2004).

### **7.3.2 Base de dados de manutenção**

Enquanto a base de dados inventarial armazena informação sobre os elementos de cada estrutura, uma base de dados de manutenção contém informação sobre as inspecções e reparações realizadas e sobre os trabalhos previstos.

### **7.3.3 Nível de projecto e de análise da rede**

Em geral, um sistema de gestão de pontes funciona a dois níveis: o nível de projecto e o nível de análise da rede. O primeiro nível está relacionado com

estruturas individuais e com medidas para corrigir determinados defeitos. Este deve incluir uma estimativa dos custos e das implicações de cada intervenção, o que torna um sistema de gestão de pontes muito mais do que um simples álbum de detalhes.

O segundo nível está relacionado com um conjunto de estruturas e, como tal, as decisões nele baseadas são válidas para a rede global. Este nível permite, por exemplo, conhecer qual a percentagem de estruturas com um estado de conservação deficiente e que terão de ser intervencionadas. Desta forma, será possível uma afectação racional e hierarquizada das verbas orçamentais e simultaneamente assegurar a funcionalidade e segurança das obras de arte ao longo da sua vida útil.

#### **7.3.4 Previsão da degradação duma estrutura**

A previsão da degradação de uma estrutura é um factor de extrema importância na definição do tipo e alcance da reparação a efectuar. Para este efeito, é essencial a existência de um modelo de degradação adequado e que, com base no conhecimento da situação actual, consiga prever a situação futura, ponderando diferentes cenários possíveis, tais como: não se realizar nenhuma intervenção; efectuar-se alguma manutenção preventiva ou efectuar-se uma reparação completa (Paulo J.S Cruz 2004).

#### **7.4 Controlo de qualidade**

É recomendável que exista um sistema de qualidade implementado que assegure a validade dos resultados das avaliações feitas por cada inspector.

Este sistema deverá, ainda, permitir detectar eventuais erros ou a falta de uniformidade de avaliação dos diferentes inspectores.

## **7.5 Manual de inspecção**

### **7.5.1 Partes principais de uma ponte**

Uma ponte pode ser dividida em três partes principais: fundação, subestrutura e superestrutura.

- **Fundação**

No âmbito da inspecção, o termo fundação refere-se à interface entre as sapatas e o suporte. As fundações devem ser capazes de resistir às cargas transmitidas pela subestrutura.

- **Subestrutura**

Elementos estruturais situados acima da fundação e abaixo da superestrutura como encontros, pilares, muros de testa, etc., são considerados como parte da subestrutura. Vigas de bordadura em encontros e similares são parte da superestrutura.

- **Superestrutura**

Elementos da ponte situados acima dos suportes são considerados como parte da superestrutura.

## **7.5.2 Patologias**

Em geral, os recursos disponibilizados para a gestão de obras de arte são limitados, pelo que há grandes vantagens em eliminar os defeitos na sua fase mais embrionária, por estarem associados a menores custos de manutenção. As inspeções ajudam a manter as obras de arte em funcionamento, alertando para a resolução de problemas detectados durante as mesmas.

A previsão antecipada da ocorrência de determinada patologia é possível tendo em conta a observação atenta dos defeitos. Muitas das patologias observadas nas obras de arte surgem da evolução de patologias consideradas menos graves. Estas últimas originam patologias mais graves quando não se actua atempadamente. O custo associado à reparação de uma anomalia na fase de iniciação é mais facilmente suportado do que o custo correspondente à reparação na fase de propagação (Paulo J.S Cruz 2004).

Seguidamente, são descritas, com algum pormenor, algumas das anomalias mais importantes.

### **7.5.2.1 Lixiviação**

O betão devido à lixiviação, torna-se deficiente em pasta de cimento. Podem ocorrer eflorescências. A coesão entre o cimento e os agregados mantém-se, apesar da ligação estar enfraquecida. A principal causa de ocorrência da lixiviação é a presença da água.

### 7.5.2.2 Degradação do betão

Ocorre normalmente quando o betão está sujeito a ataques físicos (ciclos de gelo-degelo, sobrecargas de utilização, sismos, acções acidentais, etc.) e químicos (carbonatação, cloretos, chuvas ácidas, ambientes quimicamente agressivos, reactividade de inertes, etc.). A coesão entre o cimento e os agregados deixa de existir.

### 7.5.2.3 Destacamento do betão

Estratificação do betão devido a forças internas. O destacamento do betão poderá ser provocado quer pela acção da geada quer pela acção do tráfego mas também pela falta de comprimento de amarração nos locais de união das armaduras.

### 7.5.2.4 Floculação

Este tipo de patologia ocorre apenas em camadas de tinta e colas epóxicas. A floculação é provocada normalmente pela exposição ao meio ambiente assim como também pela escolha de materiais não adequados ou sua má preparação.

#### 7.5.2.5 Corrosão

A corrosão ocorre devido a reacções entre os metais e os materiais que o envolvem. Para se dar este fenómeno é necessário o acesso à água e ao oxigénio.

Nos elementos estruturais de betão, a corrosão das armaduras é provocada essencialmente pela carbonatação ou pela penetração de cloretos, eventualmente combinados com um revestimento inadequado dessas armaduras.

Nos elementos estruturais de aço a corrosão é provocada pela exposição ao meio ambiente, ataques químicos, e poderá ainda ser agravada pela falta de manutenção.

#### 7.5.2.6 Putrefacção

Ocorre quando a madeira entra em decomposição pela acção de fungos e bactérias. Para ocorrer putrefacção é necessário o contacto com a água e o oxigénio. Além destas patologias ainda existem outras entre as quais a fragilização, fendilhação, fracturação, esmagamento, perdas de elementos, deformação, deslocamentos de aparelhos de apoio, erosão interna, vegetação, etc.

### **7.6 Avaliação do estado de conservação de pontes**

A avaliação do estado de conservação de uma ponte permite obter informação acerca da intensidade e extensão dos defeitos observados nas estruturas, causas que levaram à existência desses defeitos e possíveis

processos de deterioração e impacto que as descobertas desses defeitos podem acarretar para a segurança e vida de serviço dessas estruturas. Estas informações são a base da estimativa de uma possível intervenção e estimativa dos custos aproximados para um possível trabalho de intervenção (Paulo J.S Cruz 2004).

Os objectivos principais da avaliação do estado de conservação são: detectar possíveis processos de deterioração, indicar qual a condição da ponte e seus elementos, elaborar uma lista de quais as reparações urgentes e estratégias de manutenção e otimizar a distribuição de orçamentos para manutenções urgentes.

### **7.6.1 Fases principais**

A avaliação do estado de conservação de uma ponte inclui duas fases principais:

- “In situ” – Inspeção da estrutura

Recolher toda a informação pertinente para análise adicional. É da maior importância que a tarefa de inspeção seja executada por pessoal bem treinado e experimentado, que saiba claramente que dados são pertinentes para o cálculo posterior de um índice relacionado com a estrutura.

- Avaliação do estado de conservação

Normalmente é realizada através do cálculo de um índice ou valor. O resultado final da avaliação do estado de conservação é geralmente um número numa escala numérica ou uma palavra (bom, satisfatório, pobre,...) que indica a condição da estrutura. Para cada índice de condição ou classe de condição é dada uma descrição geral da condição da estrutura. Por vezes, as acções urgentes de intervenção são também sugeridas.

### **7.6.2 Métodos**

Em vários países são aplicados métodos diferentes, e por diferentes administrações de infra-estruturas, para obtenção do estado de conservação das pontes por eles administradas.

Uma revisão dos métodos para avaliação do estado de conservação de pontes actualmente em uso na Europa e nos Estados Unidos mostrou que há basicamente duas aproximações à avaliação do estado de conservação da estrutura:

- O primeiro é baseado num índice de condição cumulativo onde o dano mais severo em cada elemento é somado para cada vão da superestrutura, cada parte da subestrutura, tabuleiro e acessórios. O resultado final é um índice de condição para a estrutura. Este é o caso de países como a Áustria e a Eslovénia que têm procedimentos similares.

- O segundo método usa o índice de estado de conservação mais elevado dos componentes da ponte bem como o da própria estrutura. Neste grupo podemos identificar os seguintes países: Dinamarca, França, e Espanha. Por exemplo, França, a classe atribuída a um elemento depende da avaliação do estado de conservação mais elevado atribuído a todos os defeitos que este possui e a classe de condição da ponte é a mais baixa classe designada a qualquer um dos seus elementos. Em Espanha, a classe de condição de um elemento é a classe de condição máxima dos seus danos.

Existe também uma clara divisão entre métodos que são puramente subjectivos, baseados numa simples marcação conforme as regras adoptadas para a classificação e avaliação do dano, e aqueles em que a avaliação do estado de conservação final é obtido através de um cálculo onde a avaliação de vários tipos de danos essenciais seleccionados é determinada baseada no relatório do inspector. Estes métodos, objectivos, onde um valor quantitativo é obtido baseado em resultados de inspecção, têm de registar pelo menos:

- O tipo de dano e o seu efeito na durabilidade de e/ou segurança do elemento afectado;
- Efeito do elemento estrutural afectado na durabilidade e/ou segurança de toda a estrutura;
- Extensão do dano;
- Intensidade do dano.

Alguns dos métodos mais elaborados para o cálculo do índice do estado de conservação foram desenvolvidos na Eslovénia (CEB 1998) e Alemanha. Na Inglaterra, devido às preocupações de segurança descobertas em pontes pós-tensionadas, existe um método de avaliação do estado de conservação

específico para pontes de betão pós-tensionadas. Nos Estados Unidos não existe um índice de avaliação do estado de conservação para toda a ponte, este só está disponível para os seus componentes (tabuleiro, superestrutura, subestrutura) e os elementos que fazem parte desses componentes (juntas, apoios, sistemas de drenagem, pilares, ...).

A maioria dos métodos só tem em conta estimativas técnicas relativas aos danos descobertos, a sua intensidade e urgência de intervenção, outros também têm em conta aspectos económicos como o custo de rotura e o valor de substituição.

Embora os procedimentos para avaliar o estado de conservação de uma ponte e calcular o índice do estado de conservação variem de país para país, os passos básicos para alcançar o resultado final são, em geral, muito similares e podem ser resumidos como se segue (Paulo J.S Cruz 2004):

- Supervisionamento da ponte através da inspeção.
  
- Cálculo do índice de estado de conservação da ponte baseado no índice de elementos essenciais da ponte ou na avaliação cumulativa de tipos de dano descobertos. Nos casos em que é realizada uma avaliação quantitativa, o cálculo deve considerar a natureza e causa do dano e a intensidade e extensão de cada tipo de dano.

## **8 O E-LEARNING**

### **8.1 Resumo**

Neste capítulo abordar-se-á a o conceito do E-learning bem como as tecnologias ou ferramentas que lhe servem de suporte.

### **8.2 Evolução do E-learning**

Os computadores são parte integrante das nossas vidas, ou melhor dizendo, são essenciais para o nosso desenvolvimento e aprendizagem. A grande parte das pessoas acredita que as práticas baseadas no computador são inovações educacionais recentes. No entanto, existem cerca de trinta anos. Hoje a tecnologia é mais sofisticada e a Internet alterou, fundamentalmente, as actividades económicas tão radicalmente que agora é possível dar saltos significativos na utilização da tecnologia para a aprendizagem (Francisco Veiga 2001).

Há poucos anos apenas algumas pessoas tinham ouvido falar no termo E-learning. Contudo, temos assistido a uma pequena revolução, se antes se falava no ensino com tecnologia, a palavra hoje utilizada é a aprendizagem on-line.

Aos poucos a introdução do E-learning nas nossas casas, empresas e das próprias escolas e universidade adicionou um novo significado à aprendizagem. A informação é disponibilizada a um ritmo acelerado na rede e os estudantes têm acesso a um novo mundo para a transferência de conhecimento.

A discussão foi ampliada e hoje a questão deixou de ser se as empresas e instituições implementarão aprendizagem on-line, mas se elas o farão de maneira apropriada. Ter a tecnologia certa e fornecer bons programas de aprendizagem utilizando essa tecnologia é essencial, mas não o suficiente.

### **8.3 A Definição do E-learning**

O E-learning não é mais do que uma variante do “Ensino à distância”. Este pode ser definido como qualquer forma de estudo que não esteja imediata e continuamente dependente da supervisão de orientadores, mas que, no entanto beneficie do planeamento, orientação e instrução de um estabelecimento de ensino.

É enquadrando o E-learning também no conceito de ensino aberto, entendendo-se por este ensino qualquer forma que inclua elementos de flexibilidade que o torna mais acessível aos estudantes do que os cursos ministrados tradicionalmente em centros de educação e formação. Esta flexibilidade advém diversamente do programa do curso e da maneira como está estruturado, do local, modo e tempo de leccionação, do ritmo seguido pelo estudante, das formas de apoio especial disponíveis e dos tipos de avaliação oferecidos. Esta abertura é conseguida na sua grande maioria, devido ao uso de novos meios de informação e comunicação (Francisco Veiga 2001).

O conceito de ensino aberto assenta portanto em uma aprendizagem flexível em que os alunos têm liberdade para prenderem quando querem e o que querem. Sendo o E-learning um ensino à distância, também significa que os alunos podem escolher onde querem estudar.

Resumindo, o conceito de “E-learning” não é mais do que um ensino aberto à distância que utiliza a Internet e os seus serviços telemáticos, em que a componente presencial não é obrigatória. Sendo assim, consiste em todo o

desenvolvimento de actividades de aprendizagem realizadas através da Internet. Neste contexto, engloba por um lado, seminários on-line, conferências, formação e ainda o conceito de “e-colaborative” que é a possibilidade de fazer reuniões on-line, constituir equipas virtuais e realizar “help-desk”.

Um aluno disponível para aprender e com motivação, acesso à Internet, software, conteúdos, um formador e um programa de curso são, então, os requisitos necessários para o E-learning. Apesar de parecer relativamente fácil a formação on-line não se encontra isenta ainda de alguns problemas.

A análise de estudos realizados sobre o E-learning permite tirar algumas conclusões (Francisco Veiga 2001):

As organizações podem deste modo aprender, transmitir cultura empresarial, harmonizar ideias e objectivos estratégicos sem terem que ir fazer formação tradicional, bastando para tal que a utilização das tecnologias de informação e da Internet se intensifique cada vez mais.

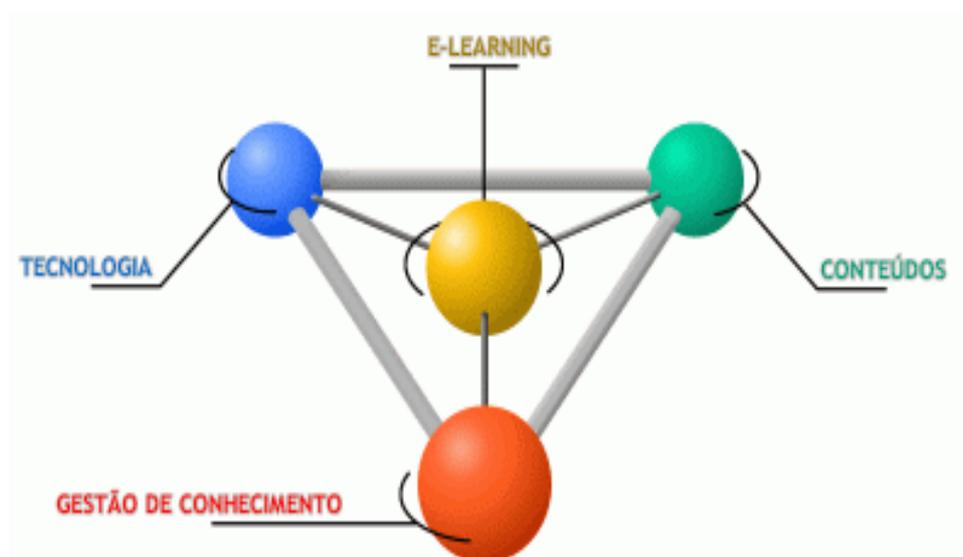
Assim, poderá aparecer o e-learning, que deverá abranger o planeamento, desenho da infra-estrutura tecnológica, configuração de conteúdos, suporte e serviço.

#### **8.4 Pilares do E-learning**

Viabilizar a educação à distância não depende apenas de um bom software que faça a gestão dos cursos e alunos. Além de um eficiente sistema de gestão e renovação é necessário possuir bons.

Os projectos de E-learning requerem ainda a participação de uma equipa multidisciplinar onde os clientes possam ter suporte de profissionais na área da tecnologia educacional, como por exemplo: pedagogos, designers, revisores, coordenadores de equipa, web designers, equipa de gestão e administração de projectos, ilustradores, programadores e analistas ([www.portal.webaula.com.br](http://www.portal.webaula.com.br)).

Por isso pode dizer-se que os pilares do E-learning são tecnologia, conteúdo e gestão e que a ausência de qualquer um desses elementos torna incompleto um projecto de ensino à distância.



**Figura 8.1- Pilares do E-learning**

([www.portal.webaula.com.br](http://www.portal.webaula.com.br))

## 8.5 O Mercado do E-learning

O mercado do E-learning está ainda numa fase de desenvolvimento, com a existência de inúmeras organizações a disponibilizarem esta via de

ensino, mas ainda de uma forma muito fraccionada, quer do ponto de vista do seu valor global quer por segmento, mas o seu potencial é enorme.

Este mercado precisa de conteúdos para clientes e serviços, isto é, a capacidade de desenhar e implementar a infra-estrutura, incluindo o “outsourcing”, bem como a capacidade de fornecer conteúdos. Nestas condições, o E-learning funcionará tanto melhor e dará tanto mais resultados, quanto mais desenvolvida for a empresa do ponto de vista da tecnologia de informação e quanto mais integrada estiver a plataforma de tecnologias de informação tanto internamente como com os fornecedores e clientes, ou seja, uma infra-estrutura de E-learning dará mais proveitos se a sua infra-estrutura de tecnologias de informação estiver desenhada para receber e transformar os dados, seja qual for a origem, em informação numa primeira fase, e em conteúdos numa segunda fase ([www.portal.webaula.com.br](http://www.portal.webaula.com.br)).

## **8.6 Tecnologia à Disposição do E-learning**

A utilização da web para o ensino é um assunto de pesquisa e interesse para os dias de hoje. Ela fornece novas oportunidades no ensino à distância através da Internet. Se articulada com um conjunto de ferramentas pode ser usada para a criação de uma sala de aula virtual reunindo um conjunto de pessoas e fazendo com que eles interactuem entre eles.

As tecnologias ao nosso dispor são variadas, podem utilizar-se para suportar o ensino à distância, isolada ou conjuntamente, em combinações que devem ser um reflexo das arquitecturas identificadas para os cursos. Esse conjunto pode ser aumentado com outros tipos de tecnologias formando a lista que se apresenta de seguida (Francisco Veiga):

➤ **Redes de computadores**

Um dos principais factores de incentivo à utilização de cursos à distância foi, sem dúvida, o aparecimento e grande incremento registado ao nível das redes de computadores, quer em termos de tecnologia, quer no que diz respeito à massificação da sua utilização.

➤ **Correio electrónico**

O correio electrónico é de todo o mais simples e também o mais usado. É usado na sua grande maioria para enviar textos simples, embora também seja possível anexar imagens, sons, documentos em processadores de texto e outros ficheiros de dados em mensagens de correio electrónico.

A grande parte do correio electrónico consiste na comunicação de um utilizador para outro, mas existem também listas de correio que permitem a circulação de mensagens entre os seus membros.

➤ **News group**

Em muitas redes foram criadas bases de dados para receberem mensagens sobre determinados assuntos, às quais um grupo de pessoas com idênticos interesses pode aceder. A estas estruturas dá-se o nome de “news group”.

É nestes grupos que as pessoas partilham interesses e entusiasmos comuns, para pedir ou dar ajuda, para discutir e para anunciar novas descobertas e criações.

Existem inúmeros grupos, cada um dedicado a um assunto diferente, desde o círculo académico até ao divertimento.

➤ **Conferências por Computador**

Os sistemas de conferência por computador foram usados pela primeira vez no âmbito de actividades associadas a cursos no início dos anos 80, quando ficaram disponíveis as redes de comutação por pacotes, como as americanas telnet e tynet, fazendo com que o custo para aceder a esses sistemas se tornasse mais atractivo, quer para alunos quer para professores.

➤ **BBSs (Bulletin Board Systems)**

Uma BBS simples é um espaço de comunicação partilhado, disponibilizando apenas uma linha de combinações e possibilitando apenas a partilha de um quadro electrónico onde qualquer utilizador pode ver ou colocar a sua participação em determinada discussão.

➤ **Fórum de discussão**

No âmbito de participação num determinado fórum de discussão o aluno torna-se activo na sua aprendizagem quando tem que usar o seu posto de trabalho. A participação faz-se quando estes dão os seus contributos a uma discussão, quando respondem a quem está do outro lado ou quando partilham ideias.

➤ **Vídeo-conferência**

Os sistemas de vídeo-conferência permitem implementar salas de aulas virtuais em que apresenta a característica de o professor não ter de ocupar o mesmo espaço físico que ocupam os alunos, permitindo assim um envolvimento mais flexível e uma rentabilização de um recurso tão caro e escasso como é aquele que é constituído por professores especialistas.

➤ **Bibliotecas digitais**

É normal encontrar-se no âmbito do ensino à distância, implementadas sob diversos formatos, contendo informação destinada a construir material de suporte aos diversos cursos à nossa disposição.

## **8.7 Vantagens do E-learning**

As instituições que apostam no E-learning contam com vantagens que só têm aumentado em função dos avanços tecnológicos alcançados no sector nos últimos anos, a começar pela economia de recursos antes necessários para a infra-estrutura física e deslocamento de pessoal até à melhoria de assimilação do conhecimento em função da interactividade, que só as ferramentas de ensino à distância podem proporcionar. As inúmeras vantagens associadas ao E-learning podem ser resumidas no seguinte ([www.portal.webaula.com.br](http://www.portal.webaula.com.br)):

➤ **Custo individual e global dos programas de estudo**

A empresa ou instituição tem a exacta noção do orçamento previsto para os programas de estudo, calculando individualmente e também colectivamente. Dados que, posteriormente, podem ser cruzados com os resultados para suportarem avaliações diversas por parte da equipa de recursos humanos.

➤ **Padronização do ensino**

O ensino à distância permite aplicar o mesmo curso em diferentes unidades da instituição com metodologia e conteúdo idênticos porque a qualidade do processo de transferência do conhecimento não dependerá do professor e de outros factores externos.

➤ **Maior intercâmbio de conhecimento**

As ferramentas de E-learning viabilizam a troca mais eficiente de informação e experiência entre os funcionários, seja através de salas de discussão, fóruns e e-mail, gerando, conseqüentemente maior conhecimento.

➤ **Quebra de barreiras geográficas**

Com o ensino à distância torna-se desnecessário preocupar-se com a distância física entre os alunos de uma mesma turma ou profissionais de determinada área.

➤ **Integração com outros sistemas**

Os bons sistemas de gestão de ensino à distância integram-se com outros sistemas de gestão administrativa possibilitando a gestão pró-activa dos recursos humanos de uma companhia.

➤ **Utilização de padrões**

Com o surgimento dos padrões que uniformizam as soluções para o ensino à distância disponíveis, as empresas interessadas em adoptar o E-learning passaram a contar com parâmetros mais objectivos para a escolha de tecnologias estáveis.

## **8.8 Conclusão**

O ensino à distância durante este século passou por diferentes fases que tiveram origem na simples utilização de correspondência. O ensino apresentou-se com alterações importantes na forma de apresentação das

matérias, resultando numa maior eficácia do processo de aprendizagem. Posteriormente, com o desenvolvimento dos meios audiovisuais, ultrapassou-se em grande parte a necessidade de observação de determinados elementos difíceis de explicar por texto ou figuras. Por sua vez, o formato multimédia é caracterizado por possuir maiores potencialidades comunicativas e proporcionar uma maior facilidade de apreensão da informação a transmitir.

Sendo assim o E-learning apresenta-se como uma fonte alternativa ou complementar aos actuais métodos de ensino, com capacidade de resposta a diversos tipos de necessidades, permitindo a compatibilização entre a actividade profissional, a aprendizagem e a vida familiar.

Deste modo, não restam dúvidas, se até aqui restavam, que a evolução da Internet e dos seus serviços tem vindo a ter impactos notáveis no modo como acedemos, consumimos, manipulamos, organizamos, reproduzimos, partilhamos e disponibilizamos informação, em todos os contextos da actividade humana incluindo, como seria expectável, o ensino/aprendizagem.

## **9 ANÁLISE DO CONTEÚDO DE PÁGINAS EXISTENTES**

### **9.1 Resumo**

Para definir um sistema de caracterização de uma página sobre determinada matéria ou assunto é necessário ter em conta vários factores entre os quais se destacam o tipo de utilizadores do serviço, a origem do serviço bem como os assuntos inerentes à matéria apresentada.

Este sistema de classificação deve ser fundamentado em critérios de qualidade definidos à priori, sendo necessário para tal ter bem presente o objectivo do serviço a nível de detalhe, rigor e aprofundamento da matéria apresentada, bem como a que grupos de sociedade ou utilizadores se destina.

Para fundamento do sistema de classificação adoptado para sites existentes sobre pontes, uma análise crítica sobre algumas questões apresentadas a seguir deve ser levada em conta de forma a avaliar correctamente por característica a respectiva página.

### **9.2 Avaliação da informação**

Esta avaliação deve ser feita à informação que a página contém até ao momento. É necessário manter sempre presente que na Internet qualquer utilizador pode criar uma página e introduzir a informação sem passar por qualquer filtro válido e reconhecido como tal.

➤ **Validade**

- Que items de informação são apresentados?
- Parece a informação ser bem investigada?
- É indicada a fonte de informação?
- Está definido o objectivo do site?
- A informação abrange o seu objectivo inicial?
- O formato deriva de algum formato já existente?
- Tem a informação a pretensão de ser imparcial?
- O(s) autor(es) do site declaram a sua (im)parcialidade?
- É nossa avaliação que a informação cumpre a pretensão de (im)parcialidade expressa?
- São indicados outros locais onde se possa validar a informação?
- É fornecido o contacto de alguém?
- São dadas referências?
- Existe bibliografia?

➤ **Autoridade e reputação da fonte**

- Quem fornece a informação?
- A fonte é atribuída a uma conceituada base de informação ou autor?
- O autor ou organização são identificados?
- É um site universitário?
- É ao autor reconhecida autoridade suficiente?
- O autor é uma pessoa que tem sido sugerido frequentemente por fontes respeitáveis?
- É conhecida a ocupação do autor?
- Tem tido o autor publicações de relevo?

- Foi filtrada a informação?
- Esses filtros tinham reputação para tal?
- É o site financiado por alguma instituição ou organização?
- É comum ser sugerido o site por autoridades reconhecidas?
- Foi a informação examinada por alguma indústria de publicações?
- É a publicação reconhecida e conhecida com reputação?

➤ **Substância**

- É a informação substantiva?
- Existe uma mais valia associada à informação?
- Contem a informação apenas pequenos detalhes?
- É a informação apresentada em textos completos?
- São os recursos uma colecção de sites devidamente qualificados?

➤ **Precisão**

- É a informação exacta?
- É fornecida bibliografia ou referências para confirmar a sua precisão?
- A gramática e a escrita são precisas?
- Existe alguma repetição de erros típicos?

➤ **Nível de compreensão?**

- Qual o aprofundamento da informação?
- Para que nível de detalhe os recursos nos conduzem?
- O quanto é a informação superficial/exaustiva?
- Existe informação incompleta?
- Estão todos os aspectos dos assuntos cobertos?

- Existem faltas de informação lógicas?
- É o título informativo?
- É dado algum resumo do conteúdo?
- São dadas palavras-chaves que indicam o conteúdo da informação?

➤ **Originalidade**

- É a informação do site única?
- Existe algum trabalho original disponível no site?
- Existe material que se possa relacionar com outros trabalhos?

➤ **Composição e organização?**

- Como está composta a informação?
- Como está organizada a informação?
- Qual a estrutura que existe?
- É a informação disponível apresentada de uma forma lógica e consistente?
- Quais são as partes em que a informação se subdivide?
- Quais as necessidades do utilizador que são satisfeitas pela informação disponibilizada?
- É o conteúdo claramente descrito?
- Existem títulos claros e descritivos?

### 9.3 Aspecto formal

O aspecto formal é relativo à apresentação e organização da informação. Esta análise pretende determinar o grau de facilidade de navegação e acesso à informação para o usuário.

#### ➤ **Facilidade de navegação**

- É fácil navegar sobre os assuntos?
- É fácil dar uma vista geral aos assuntos que o site proporciona?
- É fácil encontrar um determinado assunto?
- São necessários mais de três clicks para atingir algo interessante?
- Facilmente se identifica o propósito de determinado link?
- São os links organizados por assuntos?
- As imagens apresentadas facilitam a navegação?
- Existem gráficos, sons e vídeos claramente organizados por assunto?
- Podem as páginas ou partes de páginas serem impressas individualmente?
- Quais os índices que existem?
- É possível procurar um determinado tema usando uma palavra-chave?
- Existe à disposição algum motor de busca?

#### ➤ **Apoio previsto aos utilizadores?**

- Existem instruções?
- Existe documentação?
- Existe ajuda on-line?

➤ **Uso apropriado da tecnologia**

- O formato é apropriado?
- É possível fazer mais do que se faz com uma simples impressão?
- Que interactividade está disponibilizada?
- Que serviços de comunicação (autores - visitantes, visitantes – visitantes, construtores das pontes – visitantes) estão disponíveis?

➤ **Estética**

- Foi tida em consideração uma boa aparência para o site?
- Obedece a estrutura a bons princípios de design?
- É a relação entre o texto, imagens, links, títulos, tamanho e espaços brancos boa?
- É o tamanho, cor e animação das imagens apropriado?

#### **9.4 Critério de processos**

O critério de processos é baseado nos processos e sistemas que existem para suporte da informação disponível. A informação na Internet pode perder integridade. O sistema que provoca distorção entre a informação disponível à data e a realmente recuperada no mesmo período, afectará seguramente a qualidade do site. Uma avaliação do processo de selecção entre a informação recrutada deve ser levada em consideração ao longo do tempo.

- É a informação actual e ajustada à data?
- É feita uma manutenção adequada do conteúdo informativo?
- Qual a sensibilidade temporal da informação e a sua relação com a frequência de actualização?
- É o conteúdo informativo melhorado e alargado e actualizado apropriadamente?
- Quando foi a informação actualizada pela última vez?
- É o processo de revisão e actualização estável?
- Existem cuidados adequados para manter a integridade do sistema?

## 10 CLASSIFICAÇÃO DAS PÁGINAS EXISTENTES

Sendo necessária uma ferramenta para classificação das páginas existentes, o modelo a seguinte servirá de instrumento de qualificação.

O intervalo de avaliação para as diferentes categorias vai de 0 a 5, sendo este o mesmo intervalo para a classificação final.

Na tabela relativa à avaliação da informação, atribuem-se os factores de ponderação mais elevados à *validade* e ao *nível de compreensão*. A validade, porque é relativamente importante aferir se a informação é bem investigada, se esta atinge o seu objectivo bem como se a origem da fonte é válida. O nível de compreensão é crucial para a qualidade do site, sendo necessário considerar no nível de compreensão o aprofundamento da informação, se a informação é incompleta assim como a identificar os assuntos de uma forma clara sendo preciso para tal existirem resumos dos assuntos.

Na tabela relativa ao aspecto formal, a *navegação* e a *estética* são as categorias com um factor de ponderação mais elevado. A navegação, porque a qualidade depende muito da forma como é possível navegar sobre os assuntos e da facilidade com que se chega a determinado assunto pela existência de palavras-chave ou índices devidamente apresentados, atingindo a informação que se deseja de uma forma rápida. A estética porque o seu sucesso depende também muito da forma como a informação é apresentada ao utilizador. A estética depende das imagens apresentadas bem como da relação entre as diversas partes do corpo do site.

## IDENTIFICAÇÃO DA PÁGINA WEB E ANÁLISE QUANTITATIVA

PÁGINA WEB:	
TAMANHO:	
NÚMERO DE FICHEIROS:	
NÚMERO DE IMAGENS:	

## ANÁLISE QUALITATIVA

AVALIAÇÃO DA INFORMAÇÃO	VALIDADE (20%)	Validade	a)	<b>Med 1=</b> <b>(a,b,c,d))</b> <b>/4</b>	Media I ((med 1, med 2, med 3, med 4, med 5, med 6, med 7) *factor de ponderação)/7
		Investigação	b)		
		Referências	c)		
		Fonte	d)		
	AUTORIDADE DA FONTE (15%)	Quem fornece	a)	<b>Med 2=</b> <b>(a,b,c)) /3</b>	
		Autor conhecido	b)		
		Referenciamento	c)		
	SUBSTÂNCIA (15%)	Mais valia	a)	<b>Med 3=</b> <b>(a,b,c)) /3</b>	
		Nível de detalhe	b)		
		Textos	c)		
	PRECISÃO (10%)	Exactidão da informação	a)	<b>Med 4=</b> <b>(a,b)) /2</b>	
		Gramática e escrita	b)		
	NÍVEL DE COMPRENSÃO (20%)	Aprofundamento da informação	a)	<b>Med 5=</b> <b>(a,b,c,d),</b> <b>e)) /5</b>	
		Nível de detalhe	b)		
		Títulos informativos	c)		
		Resumo de conteúdos	d)		
		Cobertura dos assuntos	e)		
	ORIGINALIDADE (10%)	Originalidade da informação	a)	<b>Med 6=</b> <b>(a,b)) /3</b>	
		Trabalhos originais	b)		
	COMPREENSÃO E ORGANIZAÇÃO (10%)	Composição	a)	<b>Med 7=</b> <b>(a,b,c,d),</b> <b>e,f)) /6</b>	
		Organização	b)		
Estrutura		c)			
Consistência e lógica		d)			
Descrição dos conteúdos		e)			
Títulos		f)			

## ANÁLISE QUALITATIVA

<b>ASPECTO FORMAL</b>	NAVEGAÇÃO (35%)	Facilidade de navegação	a)	<b>Med 1=</b> <b>(a,b,c,d))</b> <b>/4</b>	<b>Media II ((med 1, med 2, med 3, med 4) *factor de ponderação)/4</b>
		Imagens	b)		
		Impressão de páginas	c)		
		Índices	d)		
		Palavras-chave	e)		
	APOIO AOS UTILIZADORES (15%)	Instruções	a)	<b>Med 2=</b> <b>(a,b,c)) /4</b>	
		Documentação	b)		
		Ajudas	c)		
	USO DA TECNOLOGIA (20%)	Formato	a)	<b>Med 3=</b> <b>(a,b,c)) /4</b>	
		Interactividade	b)		
		Serviços	c)		
	ESTÉTICA (30%)	Aparência	a)	<b>Med 4=</b> <b>(a,b,c,d))</b> <b>/4</b>	
Design		b)			
Relação texto, imagem e títulos		c)			
Imagens		d)			

<b>CRITÉRIO DE PROCESSOS</b>	CRITÉRIO DE PROCESSOS (100%)	Actualização e ajustamento	a)	<b>Med III=</b> <b>(a,b,c,d))</b> <b>/4</b>	<b>Med III</b>
		Manutenção e revisão	b)		
		Processos de estabilização	c)		
		Integridade do sistema	d)		

## CLASSIFICAÇÃO FINAL

$$\text{Méd. final} = (\text{Med I}, \text{Med II}, \text{Med III})/3$$

$$\text{Méd. final}$$

## 10.1 Classificação

## IDENTIFICAÇÃO DA PÁGINA WEB E ANÁLISE QUANTITATIVA

PÁGINA WEB:	<a href="http://www.nireland/bridgeman">www.nireland/bridgeman</a>
TAMANHO:	1.28 Mb
NÚMERO DE FICHEIROS:	58
NÚMERO DE IMAGENS:	24

## ANÁLISE QUALITATIVA

AVALIAÇÃO DA INFORMAÇÃO	VALIDADE (20%)	Validade	3	2	2
		Investigação	2		
		Referências	0		
		Fonte	3		
	AUTORIDADE DA FONTE (15%)	Quem fornece	3	1.5	
		Autor conhecido	1		
		Referenciamento	1		
	SUBSTÂNCIA (15%)	Mais valia	2	1	
		Nível de detalhe	1		
		Textos	1		
	PRECISÃO (10%)	Exactidão da informação	3	3	
		Gramática e escrita	3		
	NÍVEL DE COMPRENSÃO (20%)	Aprofundamento da informação	2	2	
		Nível de detalhe	2		
		Títulos informativos	3		
		Resumo de conteúdos	3		
		Cobertura dos assuntos	1		
	ORIGINALIDADE (10%)	Originalidade da informação	1	1	
		Trabalhos originais	1		
	COMPRENSÃO E ORGANIZAÇÃO (10%)	Composição	3	2.5	
Organização		3			
Estrutura		3			
Consistência e lógica		2			
Descrição dos conteúdos		2			
Títulos		3			

## ANÁLISE QUALITATIVA

ASPECTO FORMAL	NAVEGAÇÃO (35%)	Facilidade de navegação	4	2	1
		Imagens	2		
		Impressão de páginas	0		
		Índices	0		
		Palavras-chave	3		
	APOIO AOS UTILIZADORES (15%)	Instruções	2	1	
		Documentação	2		
		Ajudas	0		
	USO DA TECNOLOGIA (20%)	Formato	1	1	
		Interactividade	1		
		Serviços	1		
	ESTÉTICA (30%)	Aparência	1	1	
		Design	1		
Relação texto, imagem e títulos		1			
Imagens		2			

CRITÉRIO DE PROCESSOS	CRITÉRIO DE PROCESSOS (100%)	Actualização e ajustamento	0	0	0
		Manutenção e revisão	0		
		Processos de estabilização	0		
		Integridade do sistema	1		

## CLASSIFICAÇÃO FINAL

1

**COMENTÁRIO:** Baixo valor informativo com nível de detalhe bastante medíocre apresentando uma prestação muito pobre nos três grandes grupos de características em análise.

### IDENTIFICAÇÃO DA PÁGINA WEB E ANÁLISE QUANTITATIVA

PÁGINA WEB:	www.brantacan.co.uk/bridges
TAMANHO:	38.90 Mb
NÚMERO DE FICHEIROS:	984
NÚMERO DE IMAGENS:	325

### ANÁLISE QUALITATIVA

<b>AVALIAÇÃO DA INFORMAÇÃO</b>	VALIDADE (20%)	Validade	4	3.5	3.5
		Investigação	4		
		Referências	3		
		Fonte	3		
	AUTORIDADE DA FONTE (15%)	Quem fornece	3	3	
		Autor conhecido	3		
		Referenciamento	3		
	SUBSTÂNCIA (15%)	Mais valia	3	3.7	
		Nível de detalhe	4		
		Textos	4		
	PRECISÃO (10%)	Exactidão da informação	4	4	
		Gramática e escrita	4		
	NÍVEL DE COMPRENSÃO (20%)	Aprofundamento da informação	4	4	
		Nível de detalhe	4		
		Títulos informativos	4		
		Resumo de conteúdos	4		
		Cobertura dos assuntos	4		
	ORIGINALIDADE (10%)	Originalidade da informação	3	3	
		Trabalhos originais	3		
	COMPREENSÃO E ORGANIZAÇÃO (10%)	Composição	4	3.2	
Organização		3			
Estrutura		3			
Consistência e lógica		3			
Descrição dos conteúdos		3			
Títulos		3			

## ANÁLISE QUALITATIVA

ASPECTO FORMAL	NAVEGAÇÃO (35%)	Facilidade de navegação	3	3.4	3.14
		Imagens	3		
		Impressão de páginas	4		
		Índices	3		
		Palavras-chave	4		
	APOIO AOS UTILIZADORES (15%)	Instruções	3	3	
		Documentação	4		
		Ajudas	2		
	USO DA TECNOLOGIA (20%)	Formato	3	3	
		Interactividade	3		
		Serviços	3		
	ESTÉTICA (30%)	Aparência	3	3	
		Design	3		
Relação texto, imagem e títulos		3			
Imagens		3			

CRITÉRIO DE PROCESSOS	CRITÉRIO DE PROCESSOS (100%)	Actualização e ajustamento	3	3	3
		Manutenção e revisão	3		
		Processos de estabilização	3		
		Integridade do sistema	3		

## CLASSIFICAÇÃO FINAL

3.20

**COMENTÁRIO:** Recolhe muita informação técnica, esta informação é apresentada por vezes de uma forma repetitiva parecendo que foram usadas várias fontes distintas sobre os mesmos assuntos. De qualquer forma é reconhecida a qualidade do mesmo.

## IDENTIFICAÇÃO DA PÁGINA WEB E ANÁLISE QUANTITATIVA

PÁGINA WEB:	<a href="http://www.bridgepros.com">www.bridgepros.com</a>
TAMANHO:	11.10 Mb
NÚMERO DE FICHEIROS:	400
NÚMERO DE IMAGENS:	100

## ANÁLISE QUALITATIVA

AVALIAÇÃO DA INFORMAÇÃO	VALIDADE (20%)	Validade	4	3.3	2.3
		Investigação	3		
		Referências	3		
		Fonte	3		
	AUTORIDADE DA FONTE (15%)	Quem fornece	3	3	
		Autor conhecido	3		
		Referenciamento	3		
	SUBSTÂNCIA (15%)	Mais valia	1	0.7	
		Nível de detalhe	1		
		Textos	0		
	PRECISÃO (10%)	Exactidão da informação	2	2.5	
		Gramática e escrita	3		
	NÍVEL DE COMPRENSÃO (20%)	Aprofundamento da informação	1	1.8	
		Nível de detalhe	1		
		Títulos informativos	3		
		Resumo de conteúdos	2		
		Cobertura dos assuntos	2		
	ORIGINALIDADE (10%)	Originalidade da informação	1	1	
		Trabalhos originais	1		
	COMPREENSÃO E ORGANIZAÇÃO (10%)	Composição	4	3.2	
Organização		3			
Estrutura		3			
Consistência e lógica		3			
Descrição dos conteúdos		3			
Títulos		3			

## ANÁLISE QUALITATIVA

ASPECTO FORMAL	NAVEGAÇÃO (35%)	Facilidade de navegação	4	2	2.3
		Imagens	2		
		Impressão de páginas	1		
		Índices	1		
		Palavras-chave	2		
	APOIO AOS UTILIZADORES (15%)	Instruções	3	1.3	
		Documentação	1		
		Ajudas	0		
	USO DA TECNOLOGIA (20%)	Formato	3	3.3	
		Interactividade	3		
		Serviços	4		
	ESTÉTICA (30%)	Aparência	3	2.5	
		Design	3		
Relação texto, imagem e títulos		3			
Imagens		1			

CRITÉRIO DE PROCESSOS	CRITÉRIO DE PROCESSOS (100%)	Actualização e ajustamento	4	4	4
		Manutenção e revisão	4		
		Processos de estabilização	4		
		Integridade do sistema	4		

## CLASSIFICAÇÃO FINAL

2.9

**COMENTÁRIO:** Site com a finalidade de atingir a indústria da construção de pontes disponibilizando o acesso a empresas especializadas, oportunidades de emprego, não disponibilizando informação concreta sobre pontes. De salientar a indicação de links relacionados com diversas instituições e associações.

## IDENTIFICAÇÃO DA PÁGINA WEB E ANÁLISE QUANTITATIVA

PÁGINA WEB:	<a href="http://www.icomos.org/studies/bridges">www.icomos.org/studies/bridges</a>
TAMANHO:	1.16 Mb
NÚMERO DE FICHEIROS:	36
NÚMERO DE IMAGENS:	15
:	

## ANÁLISE QUALITATIVA

AVALIAÇÃO DA INFORMAÇÃO	VALIDADE (20%)	Validade	3	2.3	2.3
		Investigação	2		
		Referências	2		
		Fonte	2		
	AUTORIDADE DA FONTE (15%)	Quem fornece	2	2	
		Autor conhecido	2		
		Referenciamento	2		
	SUBSTÂNCIA (15%)	Mais valia	1	1	
		Nível de detalhe	1		
		Textos	1		
	PRECISÃO (10%)	Exactidão da informação	2	2.5	
		Gramática e escrita	3		
	NÍVEL DE COMPRENSÃO (20%)	Aprofundamento da informação	1	1.6	
		Nível de detalhe	1		
		Títulos informativos	2		
		Resumo de conteúdos	2		
		Cobertura dos assuntos	2		
	ORIGINALIDADE (10%)	Originalidade da informação	2	1.5	
		Trabalhos originais	1		
	COMPREENSÃO E ORGANIZAÇÃO (10%)	Composição	4	2.8	
Organização		3			
Estrutura		3			
Consistência e lógica		2			
Descrição dos conteúdos		2			
Títulos		3			

## ANÁLISE QUALITATIVA

ASPECTO FORMAL	NAVEGAÇÃO (35%)	Facilidade de navegação	2	1.2	1.3
		Imagens	0		
		Impressão de páginas	1		
		Índices	1		
		Palavras-chave	2		
	APOIO AOS UTILIZADORES (15%)	Instruções	2	1	
		Documentação	1		
		Ajudas	0		
	USO DA TECNOLOGIA (20%)	Formato	2	1.3	
		Interactividade	1		
		Serviços	1		
	ESTÉTICA (30%)	Aparência	2	1.3	
		Design	1		
Relação texto, imagem e títulos		2			
Imagens		0			

CRITÉRIO DE PROCESSOS	CRITÉRIO DE PROCESSOS (100%)	Actualização e ajustamento	2	1.75	1.75
		Manutenção e revisão	2		
		Processos de estabilização	2		
		Integridade do sistema	1		

## CLASSIFICAÇÃO FINAL

1.78

**COMENTÁRIO:** Não contendo informação técnica sobre pontes, aborda a história das pontes desde as pontes primitivas e romanas. Sem grande valor científico.

## IDENTIFICAÇÃO DA PÁGINA WEB E ANÁLISE QUANTITATIVA

PÁGINA WEB:	<a href="http://www.bridgsite.com">www.bridgsite.com</a>
TAMANHO:	10 Mb
NÚMERO DE FICHEIROS:	260
NÚMERO DE IMAGENS:	43

## ANÁLISE QUALITATIVA

<b>AVALIAÇÃO DA INFORMAÇÃO</b>	VALIDADE (20%)	Validade	3	2.75	2.3
		Investigação	2		
		Referências	3		
		Fonte	3		
	AUTORIDADE DA FONTE (15%)	Quem fornece	3	3	
		Autor conhecido	3		
		Referenciamento	3		
	SUBSTÂNCIA (15%)	Mais valia	2	1.3	
		Nível de detalhe	1		
		Textos	1		
	PRECISÃO (10%)	Exactidão da informação	2	2	
		Gramática e escrita	2		
	NÍVEL DE COMPRENSÃO (20%)	Aprofundamento da informação	2	2	
		Nível de detalhe	2		
		Títulos informativos	2		
		Resumo de conteúdos	2		
		Cobertura dos assuntos	2		
	ORIGINALIDADE (10%)	Originalidade da informação	2	2	
Trabalhos originais		2			
COMPREENSÃO E ORGANIZAÇÃO (10%)	Composição	3	2.8		
	Organização	3			
	Estrutura	3			
	Consistência e lógica	3			
	Descrição dos conteúdos	2			
	Títulos	3			

## ANÁLISE QUALITATIVA

ASPECTO FORMAL	NAVEGAÇÃO (35%)	Facilidade de navegação	3	2.4	2.1
		Imagens	1		
		Impressão de páginas	3		
		Índices	2		
		Palavras-chave	3		
	APOIO AOS UTILIZADORES (15%)	Instruções	3	2	
		Documentação	2		
		Ajudas	1		
	USO DA TECNOLOGIA (20%)	Formato	3	2.3	
		Interactividade	2		
		Serviços	2		
	ESTÉTICA (30%)	Aparência	2	1.8	
		Design	2		
Relação texto, imagem e títulos		2			
Imagens		1			

CRITÉRIO DE PROCESSOS	CRITÉRIO DE PROCESSOS (100%)	Actualização e ajustamento	3	2.5	2.5
		Manutenção e revisão	3		
		Processos de estabilização	2		
		Integridade do sistema	2		

## CLASSIFICAÇÃO FINAL

2.3

**COMENTÁRIO:** Razoavelmente organizado indicando vários sites relacionados com pontes, divididos por categorias, como por ex. software de projecto de pontes e aprendizagem sobre pontes.

## IDENTIFICAÇÃO DA PÁGINA WEB E ANÁLISE QUANTITATIVA

PÁGINA WEB:	<a href="http://www.historicbridgefoundation.com">www.historicbridgefoundation.com</a>
TAMANHO:	4 Mb
NÚMERO DE FICHEIROS:	52
NÚMERO DE IMAGENS:	30

## ANÁLISE QUALITATIVA

AVALIAÇÃO DA INFORMAÇÃO	VALIDADE (20%)	Validade	3	2.75	2.7
		Investigação	3		
		Referências	2		
		Fonte	3		
	AUTORIDADE DA FONTE (15%)	Quem fornece	4	3.7	
		Autor conhecido	4		
		Referenciamento	3		
	SUBSTÂNCIA (15%)	Mais valia	3	2.3	
		Nível de detalhe	3		
		Textos	1		
	PRECISÃO (10%)	Exactidão da informação	3	3	
		Gramática e escrita	3		
	NÍVEL DE COMPREENSÃO (20%)	Aprofundamento da informação	2	2	
		Nível de detalhe	2		
		Títulos informativos	1		
		Resumo de conteúdos	3		
		Cobertura dos assuntos	2		
	ORIGINALIDADE (10%)	Originalidade da informação	3	3	
		Trabalhos originais	3		
	COMPREENSÃO E ORGANIZAÇÃO (10%)	Composição	3	2.2	
Organização		2			
Estrutura		2			
Consistência e lógica		2			
Descrição dos conteúdos		2			
Títulos		2			

## ANÁLISE QUALITATIVA

ASPECTO FORMAL	NAVEGAÇÃO (35%)	Facilidade de navegação	3	1.8	1.9
		Imagens	1		
		Impressão de páginas	2		
		Índices	2		
		Palavras-chave	1		
	APOIO AOS UTILIZADORES (15%)	Instruções	2	1.7	
		Documentação	2		
		Ajudas	1		
	USO DA TECNOLOGIA (20%)	Formato	2	1.7	
		Interactividade	2		
		Serviços	1		
	ESTÉTICA (30%)	Aparência	3	2.3	
		Design	3		
Relação texto, imagem e títulos		2			
Imagens		1			

CRITÉRIO DE PROCESSOS	CRITÉRIO DE PROCESSOS (100%)	Actualização e ajustamento	2	2.25	2.25
		Manutenção e revisão	3		
		Processos de estabilização	2		
		Integridade do sistema	2		

## CLASSIFICAÇÃO FINAL

2.3

**COMENTÁRIO:** Incidência no registo das pontes existentes somente no estado americano, e indicação de sites relacionados com pontes.

## IDENTIFICAÇÃO DA PÁGINA WEB E ANÁLISE QUANTITATIVA

PÁGINA WEB:	<a href="http://www.howstuffworks.com/bridge.htm">www.howstuffworks.com/bridge.htm</a>
TAMANHO:	5 Mb
NÚMERO DE FICHEIROS:	100
NÚMERO DE IMAGENS:	32

## ANÁLISE QUALITATIVA

AVALIAÇÃO DA INFORMAÇÃO	VALIDADE (20%)	Validade	2	1.75	1.8
		Investigação	1		
		Referências	2		
		Fonte	2		
	AUTORIDADE DA FONTE (15%)	Quem fornece	2	1.7	
		Autor conhecido	2		
		Referenciamento	1		
	SUBSTÂNCIA (15%)	Mais valia	2	1.3	
		Nível de detalhe	1		
		Textos	1		
	PRECISÃO (10%)	Exactidão da informação	2	2.5	
		Gramática e escrita	3		
	NÍVEL DE COMPRENSÃO (20%)	Aprofundamento da informação	2	1.8	
		Nível de detalhe	2		
		Títulos informativos	1		
		Resumo de conteúdos	2		
		Cobertura dos assuntos	2		
	ORIGINALIDADE (10%)	Originalidade da informação	2	2	
		Trabalhos originais	2		
	COMPREENSÃO E ORGANIZAÇÃO (10%)	Composição	2	2	
Organização		3			
Estrutura		3			
Consistência e lógica		1			
Descrição dos conteúdos		1			
Títulos		2			

## ANÁLISE QUALITATIVA

ASPECTO FORMAL	NAVEGAÇÃO (35%)	Facilidade de navegação	3	2.5	1.9
		Imagens	1		
		Impressão de páginas	3		
		Índices	2		
		Palavras-chave	1		
	APOIO AOS UTILIZADORES (15%)	Instruções	1	1	
		Documentação	1		
		Ajudas	1		
	USO DA TECNOLOGIA (20%)	Formato	2	1.7	
		Interactividade	2		
		Serviços	1		
	ESTÉTICA (30%)	Aparência	2	1.8	
		Design	2		
Relação texto, imagem e títulos		2			
Imagens		1			

CRITÉRIO DE PROCESSOS	CRITÉRIO DE PROCESSOS (100%)	Actualização e ajustamento	2	2	2
		Manutenção e revisão	2		
		Processos de estabilização	2		
		Integridade do sistema	2		

## CLASSIFICAÇÃO FINAL

1.9

**COMENTÁRIO:** Pouco conteúdo com informação simples.

## IDENTIFICAÇÃO DA PÁGINA WEB E ANÁLISE QUANTITATIVA

PÁGINA WEB:	<a href="http://www.softwareinventions.com">www.softwareinventions.com</a>
TAMANHO:	0.2 Mb
NÚMERO DE FICHEIROS:	23
NÚMERO DE IMAGENS:	1

## ANÁLISE QUALITATIVA

AVALIAÇÃO DA INFORMAÇÃO	VALIDADE (20%)	Validade	2	2	1.8
		Investigação	2		
		Referências	2		
		Fonte	2		
	AUTORIDADE DA FONTE (15%)	Quem fornece	2	2	
		Autor conhecido	2		
		Referenciamento	2		
	SUBSTÂNCIA (15%)	Mais valia	2	1.7	
		Nível de detalhe	2		
		Textos	1		
	PRECISÃO (10%)	Exactidão da informação	2	2	
		Gramática e escrita	2		
	NÍVEL DE COMPRENSÃO (20%)	Aprofundamento da informação	2	1.8	
		Nível de detalhe	2		
		Títulos informativos	1		
		Resumo de conteúdos	2		
		Cobertura dos assuntos	2		
	ORIGINALIDADE (10%)	Originalidade da informação	2	2	
		Trabalhos originais	2		
	COMPREENSÃO E ORGANIZAÇÃO (10%)	Composição	2	2	
Organização		3			
Estrutura		2			
Consistência e lógica		2			
Descrição dos conteúdos		1			
Títulos		2			

## ANÁLISE QUALITATIVA

ASPECTO FORMAL	NAVEGAÇÃO (35%)	Facilidade de navegação	2	1	0.9
		Imagens	0		
		Impressão de páginas	1		
		Índices	1		
		Palavras-chave	1		
	APOIO AOS UTILIZADORES (15%)	Instruções	2	0.7	
		Documentação	0		
		Ajudas	0		
	USO DA TECNOLOGIA (20%)	Formato	1	1	
		Interactividade	1		
		Serviços	1		
	ESTÉTICA (30%)	Aparência	1	1	
		Design	1		
Relação texto, imagem e títulos		1			
Imagens		1			

CRITÉRIO DE PROCESSOS	CRITÉRIO DE PROCESSOS (100%)	Actualização e ajustamento	1	1.8	1.8
		Manutenção e revisão	2		
		Processos de estabilização	2		
		Integridade do sistema	2		

## CLASSIFICAÇÃO FINAL

1.5

**COMENTÁRIO:** Apresenta um programa de desenho e cálculo de pontes, sendo impossível correr esse programa, permitindo só fazer o download da demo.

## IDENTIFICAÇÃO DA PÁGINA WEB E ANÁLISE QUANTITATIVA

PÁGINA WEB:	<a href="http://www.matsuo-bridge.co.jp/english/bridges/index.shtm">www.matsuo-bridge.co.jp/english/bridges/index.shtm</a>
TAMANHO:	0.36 Mb
NÚMERO DE FICHEIROS:	9
NÚMERO DE IMAGENS:	1

## ANÁLISE QUALITATIVA

AVALIAÇÃO DA INFORMAÇÃO	VALIDADE (20%)	Validade	3	3	3.75
		Investigação	3		
		Referências	3		
		Fonte	3		
	AUTORIDADE DA FONTE (15%)	Quem fornece	4	4	
		Autor conhecido	4		
		Referenciamento	4		
	SUBSTÂNCIA (15%)	Mais valia	4	4	
		Nível de detalhe	4		
		Textos	4		
	PRECISÃO (10%)	Exactidão da informação	4	4	
		Gramática e escrita	4		
	NÍVEL DE COMPRENSÃO (20%)	Aprofundamento da informação	3	3.4	
		Nível de detalhe	3		
		Títulos informativos	4		
		Resumo de conteúdos	4		
		Cobertura dos assuntos	3		
	ORIGINALIDADE (10%)	Originalidade da informação	3	3	
		Trabalhos originais	3		
	COMPREENSÃO E ORGANIZAÇÃO (10%)	Composição	3	3.7	
Organização		4			
Estrutura		4			
Consistência e lógica		4			
Descrição dos conteúdos		3			
Títulos		4			

## ANÁLISE QUALITATIVA

<b>ASPECTO FORMAL</b>	NAVEGAÇÃO (35%)	<i>Facilidade de navegação</i>	4	4	3.7
		<i>Imagens</i>	4		
		<i>Impressão de páginas</i>	4		
		<i>Índices</i>	4		
		<i>Palavras-chave</i>	4		
	APOIO AOS UTILIZADORES (15%)	<i>Instruções</i>	3	3	
		<i>Documentação</i>	3		
		<i>Ajudas</i>	3		
	USO DA TECNOLOGIA (20%)	<i>Formato</i>	3	3	
		<i>Interactividade</i>	3		
		<i>Serviços</i>	3		
	ESTÉTICA (30%)	<i>Aparência</i>	4	4.25	
		<i>Design</i>	4		
<i>Relação texto, imagem e títulos</i>		5			
<i>Imagens</i>		4			

<b>CRITÉRIO DE PROCESSOS</b>	CRITÉRIO DE PROCESSOS (100%)	<i>Actualização e ajustamento</i>	3	3	3
		<i>Manutenção e revisão</i>	3		
		<i>Processos de estabilização</i>	3		
		<i>Integridade do sistema</i>	3		

## CLASSIFICAÇÃO FINAL

3.5

**COMENTÁRIO:** Bem estruturado de simples navegação com informação precisa e objectiva.

## IDENTIFICAÇÃO DA PÁGINA WEB E ANÁLISE QUANTITATIVA

PÁGINA WEB:	www.projects.edtech.saudi.net /pbmiddle/bridges-tech/
TAMANHO:	3 Mb
NÚMERO DE FICHEIROS:	28
NÚMERO DE IMAGENS:	0

## ANÁLISE QUALITATIVA

<b>AValiação da Informação</b>	VALIDADE (20%)	Validade	2	2.25	2.3
		Investigação	2		
		Referências	2		
		Fonte	3		
	AUTORIDADE DA FONTE (15%)	Quem fornece	2	2.3	
		Autor conhecido	3		
		Referenciamento	2		
	SUBSTÂNCIA (15%)	Mais valia	3	2.3	
		Nível de detalhe	2		
		Textos	2		
	PRECISÃO (10%)	Exactidão da informação	2	2.5	
		Gramática e escrita	3		
	NIVEL DE COMPREENSÃO (20%)	Aprofundamento da informação	2	2.2	
		Nível de detalhe	3		
		Títulos informativos	2		
		Resumo de conteúdos	2		
		Cobertura dos assuntos	2		
	ORIGINALIDADE (10%)	Originalidade da informação	2	2	
		Trabalhos originais	2		
	COMPREENSÃO E ORGANIZAÇÃO (10%)	Composição	2	2.3	
Organização		2			
Estrutura		2			
Consistência e lógica		2			
Descrição dos conteúdos		3			
Títulos		3			

## ANÁLISE QUALITATIVA

ASPECTO FORMAL	NAVEGAÇÃO (35%)	Facilidade de navegação	2	2.2	2.1
		Imagens	2		
		Impressão de páginas	2		
		Índices	2		
		Palavras-chave	3		
	APOIO AOS UTILIZADORES (15%)	Instruções	2	2	
		Documentação	2		
		Ajudas	2		
	USO DA TECNOLOGIA (20%)	Formato	2	2	
		Interactividade	2		
		Serviços	2		
	ESTÉTICA (30%)	Aparência	2	2	
		Design	2		
Relação texto, imagem e títulos		2			
Imagens		2			

CRITÉRIO DE PROCESSOS	CRITÉRIO DE PROCESSOS (100%)	Actualização e ajustamento	2	1.75	1.75
		Manutenção e revisão	1		
		Processos de estabilização	2		
		Integridade do sistema	2		

## CLASSIFICAÇÃO FINAL

2

**COMENTÁRIO:** Contém poucos textos, direccionando para páginas diferentes na procura de determinada matéria relacionada com pontes.

## IDENTIFICAÇÃO DA PÁGINA WEB E ANÁLISE QUANTITATIVA

PÁGINA WEB:	<a href="http://www.faculty.fairfield.edu/jmac/rs/bridges.htm">www.faculty.fairfield.edu/jmac/rs/bridges.htm</a>
TAMANHO:	6 Mb
NÚMERO DE FICHEIROS:	100
NÚMERO DE IMAGENS:	48

## ANÁLISE QUALITATIVA

AVALIAÇÃO DA INFORMAÇÃO	VALIDADE (20%)	Validade	2	2	1.9
		Investigação	2		
		Referências	2		
		Fonte	2		
	AUTORIDADE DA FONTE (15%)	Quem fornece	2	2	
		Autor conhecido	2		
		Referenciamento	2		
	SUBSTÂNCIA (15%)	Mais valia	2	2	
		Nível de detalhe	2		
		Textos	2		
	PRECISÃO (10%)	Exactidão da informação	2	2.5	
		Gramática e escrita	3		
	NÍVEL DE COMPRENSÃO (20%)	Aprofundamento da informação	2	1.4	
		Nível de detalhe	1		
		Títulos informativos	2		
		Resumo de conteúdos	1		
		Cobertura dos assuntos	1		
ORIGINALIDADE (10%)	Originalidade da informação	2	2		
	Trabalhos originais	2			
COMPREENSÃO E ORGANIZAÇÃO (10%)	Composição	2	2		
	Organização	2			
	Estrutura	2			
	Consistência e lógica	2			
	Descrição dos conteúdos	2			
	Títulos	2			

## ANÁLISE QUALITATIVA

ASPECTO FORMAL	NAVEGAÇÃO (35%)	Facilidade de navegação	2	1.6	1.8
		Imagens	1		
		Impressão de páginas	2		
		Índices	1		
		Palavras-chave	2		
	APOIO AOS UTILIZADORES (15%)	Instruções	2	1.6	
		Documentação	1		
		Ajudas	2		
	USO DA TECNOLOGIA (20%)	Formato	2	2	
		Interactividade	2		
		Serviços	2		
	ESTÉTICA (30%)	Aparência	2	2	
		Design	2		
Relação texto, imagem e títulos		2			
Imagens		2			

CRITÉRIO DE PROCESSOS	CRITÉRIO DE PROCESSOS (100%)	Actualização e ajustamento	2	1.5	1.5
		Manutenção e revisão	1		
		Processos de estabilização	1		
		Integridade do sistema	2		

## CLASSIFICAÇÃO FINAL

1.73

**COMENTÁRIO:** Contém pouca informação, informação básica fazendo a cobertura de poucos assuntos.

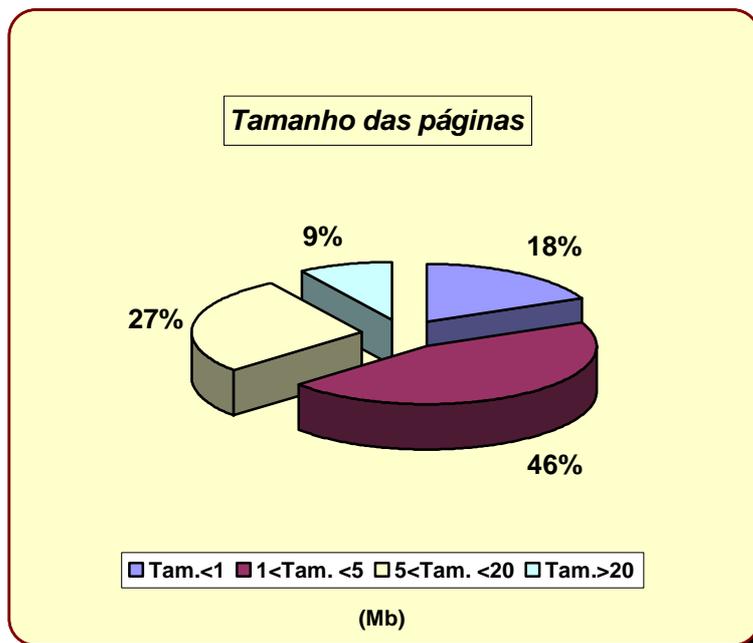


Gráfico 10.1 - Tamanho das páginas

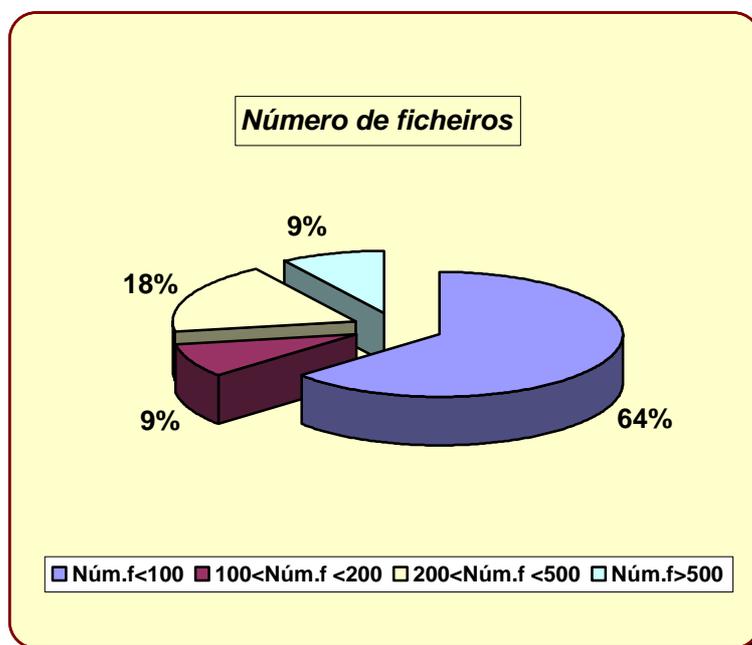


Gráfico 10.2 – Número de ficheiros

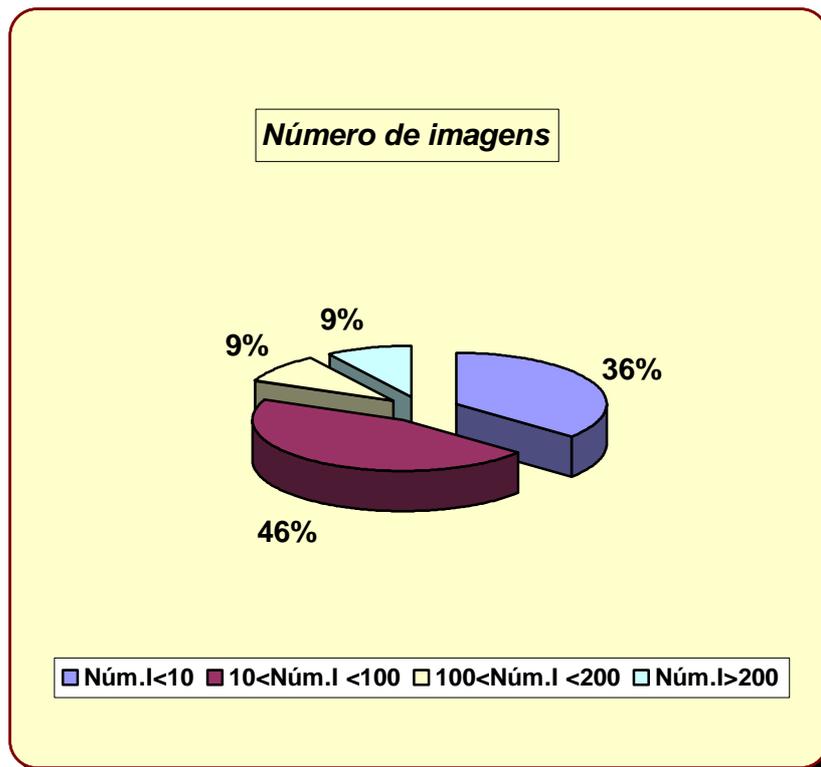


Gráfico 10.3 – Número de imagens

## 11 PROPOSTA DA ESTRUTURA DE UMA PÁGINA

### 11.1 Resumo

Propor um modelo de simples organização e eficaz estrutura é sem dúvida uma das principais bases para o sucesso de uma página. A cativação dos profissionais e dos estudantes passa também pelo modelo e o quanto funcional ele se apresenta. Estruturada a página, as tecnologias existentes actualmente, têm um papel fundamental.

### 11.2 Categorias principais



Figura 11.1 - Estrutura principal da página

- **A história das pontes**

As pontes têm desempenhado um papel importante no desenvolvimento da humanidade. Pode-se facilmente identificar as épocas que marcaram a sociedade com o tipo e metodologia na construção de pontes a par com o impacto que o aparecimento de novos materiais tem na construção de pontes.



Figura 11.2 - História das pontes

- **Os tipos de materiais**

Independentemente do tipo de material utilizado na construção de uma ponte, os diferentes tipos de materiais possibilitaram a construção de pontes fantásticas ao longo dos tempos. Com o aparecimento dos novos tipos de materiais a construção de pontes foi evoluindo, permitindo vencer vãos que outrora eram impensáveis.



Figura 11.3 - Tipos de materiais

- **Tipos de pontes segundo a sua estrutura**

As pontes podem ser classificadas de acordo com o tipo de estrutura. Estas estruturas apresentam comportamentos e modos de equilíbrio que diferem entre si.



Figura 11.4 - Tipos de pontes

- **Elementos principais de uma ponte**

Uma ponte pode-se dividir em três partes principais, que são elas: as fundações, os pilares e o tabuleiro. No entanto, existem outras partes das pontes que são também de importância relevante, como sendo por exemplo os aparelhos de apoios e as juntas de dilatação.



Figura 11.7 - O Pré-esforço nas Pontes

- **Métodos construtivos**

Sem dúvida que os métodos construtivos evoluíram consideravelmente nos últimos anos, possibilitando na actualidade a execução de obras em prazos realmente curtos. O método construtivo de uma ponte é estudado na fase de projecto não sendo possível a sua análise sem este estar em consonância com a concepção e dimensionamento da obra de arte.



Figura 11.7 - O Pré-esforço nas Pontes

- **O pré-esforço nas pontes**

O pré-esforço pode ser pensado como uma acção exterior a uma estrutura, ou como uma propriedade intrínseca da mesma. Sem dúvida que o aparecimento da técnica do pré-esforço teve uma influência notável na concepção e construção de pontes.



Figura 11.7 - O Pré-esforço nas Pontes

- **As principais pontes do país**

Nesta secção é possível consultar fotografias de pontes notáveis do país, com dados técnicos sobre a ponte e a sua própria construção. Estas pontes poderiam se consultadas de acordo com o tipo de material e estrutura.

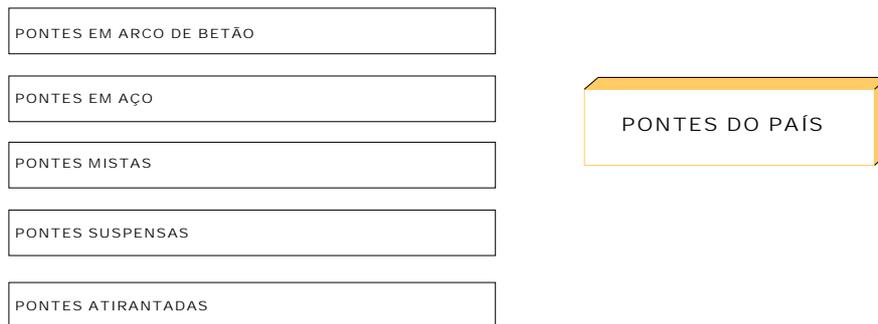


Figura 11.8 - Pontes notáveis do país

- **Inspeção, conservação e manutenção de pontes**

É notório um crescente interesse das entidades responsáveis pela gestão de pontes neste tema. Muitas das pontes existentes no mundo e no país aproximam-se e algumas já ultrapassaram a duração de vida útil para o qual foram projectadas. Por isso este tema se tornou importante, saindo reforçado no que concerne a segurança e comodidade dos utentes.



Figura 11.9 - Inspeção, conservação e manutenção de pontes

- ***Empresas de projecto e construção de pontes***

Funcionando como um catálogo de algumas obras construídas pelas empresas a operar no sector, possibilita aos interessados conhecerem as empresas de construção de pontes.

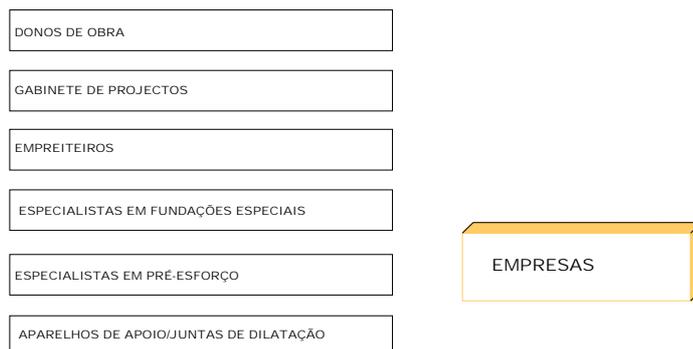


Figura 11.10 - Empresas de projecto e construção de pontes

## **12 CONCLUSÕES**

### **12.1 Introdução**

Este trabalho teve como objectivo principal, além de abordar algumas questões sobre pontes, incentivar e reflectir sobre a aplicação do E-learning no ensino e formação de pontes, para que se possa cativar cada vez mais os alunos e os formandos, para tal recorrendo a novas formas de ensino que se adaptem facilmente às exigências de cada um.

Num mundo em constantes mudanças e inovações é necessário reflectir e repensar novas formas de levar a informação até às pessoas, para que estas se compatibilizem com as profundas mudanças culturais e sociais a que temos vindo a assistir e que contribuem para a emergência de novos paradigmas pedagógicos.

### **12.2 E-learning aplicado ao ensino**

É notório o crescimento constante desta tecnologia na sociedade em que vivemos hoje. Já não existem dúvidas que o presente estado de evolução da Internet, onde estão presentes grandes potencialidades que podem provocar grandes alterações no ensino e formação actuais.

A sociedade assiste, como lembra Lévy (1997) referenciado por Moreira (2000), a uma mutação da relação com o saber que resulta por um lado, do mais fácil e rápido acesso à informação, em virtude de uma constante renovação de saberes, e por outro lado, da natureza e organização do trabalho, com exigências de formação contínua. Esta mutação resulta também da existência de todo um conjunto de tecnologias que permitem armazenar

grandes quantidades de dados, processá-los, transformá-los e tornar o acesso aos mesmos com o máximo de interacção possível.

Neste trabalho, e vários organismos o têm vindo a fazer, faz-se notar que a Internet deixou de ser aquela ferramenta de divertimento ou de pesquisa para eventuais trabalhos e passou a ser realmente um forte e talvez o principal motor do ensino e formação à distância.

### **12.3 Desenvolvimentos Futuros**

No final da realização desta tese, aumentam as certezas de que todos os sistemas de ensino / formação estão a mudar. A tecnologia fornece-nos ferramentas para que possamos optar pela sua utilização eficaz.

O desenvolvimento de espaços flexíveis de ensino – aprendizagem, nos quais possam ser utilizados todos os recursos disponíveis, sem necessidade de grandes investimentos, é um grande desafio quer para as universidades e empresas, para que todos possam usufruir das potencialidades oferecidas pelo E-learning.

É neste trabalho apresentado uma proposta para um modelo de página sobre pontes. A criação gestão e rentabilização de uma futura página sobre pontes, suportada pela publicidade de empresas ligadas ao sector seria um desafio interessante no panorama nacional.

Ao nível académico a criação de um site trazia também realmente impactos no ensino de pontes, onde fosse feita a gestão de conteúdos, tais como material didáctico, testes, provas e exames. Desta forma possibilitava-se ao aluno o acesso rápido à informação e a objectividade na procura do conhecimento que o mesmo pretendesse, inculcando-lhe simultaneamente o desafio de eles próprios contribuírem também para o desenvolvimento, actualização e alargamento dos conteúdos sobre pontes.

### **13 BIBLIOGRAFIA**

Chen,W.-F- and Duan,L.(1999), Bridge Engineering Handbook, CRC Press; ISBN : 0849374340.

Murray, P. and Stevens, M.A. (1996), Living bridges: The inhabited Bridge: Past, Present and Future, London: Royal Academy of Arts.

Dupre,J. and Gehry, F.O. (1997), Bridges (Introduction), Black Dog & Leventhal Pub, ISBN: 1884822754.

Kranakis, E.(1996), Constructing a Bridge, MIT Press, ISBN: 0262112175.

Leonhart, F. (1984), Bridges: Aesthetics and Design (Brucken: Asthetik Und Gestaltung), MIT Press, ISBN: 0262121050, Bilingual edition.

Page, J. (1993), Masonry arch bridges: State-of-the-art review, HMSO, London, ISBN 0-11-551190-3.

Pearce, M. and Jobson, R.(2002), Bridge Builders, John Wiley & Sons, ISBN 0-11-551190-3.

Raina, V.K. (1996), Concrete bridges: Inspection, Repair, Strengthening, Testing and Load Capacity Evaluation, McGraw-Hill Professional Publishing, ISBN : 0074623494.

Tonias, D.E., (1995), Bridge Engineering, McGraw-Hill Professional Publishing, ISBN: 007065073X, 1<sup>st</sup> edition.

Nuri Batista, Paulo J.S. Cruz,(2004), Relatório individual, Conservação, Manutenção e Inspeção de pontes, Universidade do Minho.

Cruz, Paulo J.S., Linhas orientadoras de uma política de Manutenção, Conservação e Inspeção de Pontes Rodoviárias, Universidade do Minho ( Novembro de 2003).

Francisco Veiga, Pedro C.C. Pimenta, Tese de Mestrado, Ensino, Tecnologias, E-learning e Publicidade, Universidade do Minho (2001).

Carvalho, A.D. “ Novas Tecnologias em Educação”, Porto Editora 1995.

Sem Autor “ E-learning”, revista Bit, Agosto de 2000.

Spodik, E.F.” The evolution of distance learning – 4 Tools available for distance education”.

Feenberg, A., “ Building a Global Network: The WBSI Experience”, in L. Harasim, ed, Global Networks: Computers and International Communications, Cambridge: MIT Press, 1993.

Quintela, A.C. (2002), A engenharia civil, o engenheiro civil e o IST, Lições de Introdução à Engenharia Civil, IST.

Miguel Ângelo Ferraz, (Junho 2001), Tese de Mestrado, Um modelo de análise para o estudo de pontes como estruturas evolutivas, Universidade do Porto.

## 14 WEBLIOGRAFIA

<http://www.brantacan.co.uk/bridges.htm>  
<http://www.bridgesite.com>  
<http://www.geocities.com/jescud2000/lospuentes/clasifica.htm>  
<http://portal.webaula.com.br>  
<http://piano.dsi.uminho.pt/grupok3/>  
<http://Minerva.EUproject.net>  
[www.nireland/bridgeman](http://www.nireland/bridgeman)  
[www.bridgepros.com](http://www.bridgepros.com)  
[www.icomos.org/studies/bridges](http://www.icomos.org/studies/bridges)  
[www.historicbridgefoundation.com](http://www.historicbridgefoundation.com)  
[www.howstuffworks.com/bridge.htm](http://www.howstuffworks.com/bridge.htm)  
[www.softwareinventions.com](http://www.softwareinventions.com)  
[www.matsuo-bridge.co.jp/english/bridges /index.shtm](http://www.matsuo-bridge.co.jp/english/bridges/index.shtm)  
[www.projects.edtech.saudi.net/pbmiddle/bridges-tech/](http://www.projects.edtech.saudi.net/pbmiddle/bridges-tech/)  
[www.faculty.fairfield.edu/jmac/rs/bridges.htm](http://www.faculty.fairfield.edu/jmac/rs/bridges.htm)