

**IC 9 – ALBURITEL / TOMAR (IC 3)**  
**SUBLANÇO ALBURITEL / NÓ DE CARREGUEIROS**  
**PROJECTO DE EXECUÇÃO**

**ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL**

**VOLUME 6 – PROJECTO DE MEDIDAS DE MINIMIZAÇÃO – PROTECÇÃO SONORA**

**IC 9 – ALBURITEL / TOMAR (IC 3)**  
**SUBLANÇO ALBURITEL / NÓ DE CARREGUEIROS**  
**PROJECTO DE EXECUÇÃO**  
**ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL**

**APRESENTAÇÃO**

A ARQPAIS, Consultores de Arquitectura Paisagista e Ambiente, Lda., apresenta o Estudo de Impacte Ambiental relativo ao IC 9 – Alburitel / Tomar (IC 3), Sublanço Alburitel / Nó de Carregueiros, em fase de projecto de Execução.

O presente Estudo, adjudicado pelo ICOR à ARQPAIS, Consultores de Arquitectura Paisagista e Ambiente, Lda., foi elaborado de acordo com as condições fixadas no Caderno de Encargos para a sua execução, e no respeito pela legislação ambiental aplicável em vigor, nomeadamente o Decreto-lei n.º 69/00, de 3 de Maio e a Portaria n.º 330/01, de 2 de Abril.

Assim, o EIA é composto pelo Resumo Não Técnico, pelo Relatório Síntese, pelo volume de Anexos Técnicos, por um Plano Geral de Monitorização, pelo Projecto de Medidas de Minimização – Integração Paisagística e pelo presente **Projecto de Medidas de Minimização – Protecção Sonora**.

Na elaboração do Estudo de Impacte Ambiental, a ARQPAIS contou com a colaboração e apoiou-se em estudos elaborados pela ENGIVIA, autor do projecto. Contou, ainda, com a colaboração de especialistas de reconhecida competência em diversas áreas ambientais, os quais prestam habitualmente a sua colaboração à nossa empresa.

Lisboa, Agosto de 2003

ARQPAIS, Consultores de Arquitectura Paisagista e Ambiente, Lda.

Otilia Baptista Freire  
(Directora Técnica)

## **FICHA TÉCNICA**

## COORDENACÃO

Arq<sup>a</sup> Pais.<sup>a</sup>    **Otilia Baptista Freire**

Arq<sup>a</sup> Pais.<sup>a</sup>    **Catarina Dias Pereira**

## COM COLABORAÇÃO DE

Desenho	ARQPAIS, Lda.	- José Carlos Torres
Edição e Processamento de Texto	ARQPAIS, Lda.	- Helena Neves Proença

## PROJECTO

**ACUSTICONTROL** - Consultores em Engenharia Acústica e Controlo de Ruído, Lda.

Prof. J.L. Bento **Coelho**

Eng.<sup>a</sup> Dulce **Churro**

Lisboa, Agosto de 2003

## ÍNDICES

**IC 9 – ALBURITEL / TOMAR (IC 3)**  
**SUBLANÇO ALBURITEL / NÓ DE CARREGUEIROS**  
**PROJECTO DE EXECUÇÃO**  
**ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL**

**ÍNDICE GERAL**

VOLUME 1 - RESUMO NÃO TÉCNICO

VOLUME 2 - RELATÓRIO SÍNTESE

TOMO 2.1 - INTRODUÇÃO E DESCRIÇÃO DO PROJECTO

- 1 - Introdução
- 2 - Justificação do Projecto
- 3 - Caracterização do Projecto

TOMO 2.2 - CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE AFECTADO PELO PROJECTO

- 4 - Caracterização do Ambiente Afectado pelo Projecto

TOMO 2.3 - ANÁLISE DE IMPACTES AMBIENTAIS E MEDIDAS DE MINIMIZAÇÃO

- 5 - Análise de Impactes Ambientais. Medidas de Minimização

TOMO 2.4 - CONCLUSÕES

- 6 - Lacunas de Conhecimento
- 7 - Conclusões e Recomendações
- 8 - Entidades Contactadas
- 9 - Bibliografia

VOLUME 3 - ANEXOS TÉCNICOS

VOLUME 4 - PLANO GERAL DE MONITORIZAÇÃO

VOLUME 5 - PROJECTO DE MEDIDAS DE MINIMIZAÇÃO – INTEGRAÇÃO PAISAGÍSTICA

**VOLUME 6 - PROJECTO DE MEDIDAS DE MINIMIZAÇÃO – PROTECÇÃO SONORA**

**IC 9 – ALBURITEL / TOMAR (IC 3)**  
**SUBLANÇO ALBURITEL / NÓ DE CARREGUEIROS**  
**PROJECTO DE EXECUÇÃO**  
**ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL**

**VOLUME 6 – PROJECTO DE MEDIDAS DE MINIMIZAÇÃO – PROTECÇÃO SONORA**

**ÍNDICE**

	<u><i>Pag.</i></u>
<b><i>I</i></b>	<b><i>MEMÓRIA DESCRITIVA</i></b>
1	PROTECÇÃO SONORA ..... 1
2	BARREIRAS ACÚSTICAS..... 2
2.1	Funções e Objectivos..... 2
2.2	Fenomenologia ..... 2
2.3	Dimensionamento..... 3
2.4	Integração Paisagística e Aspectos Económicos ..... 4
3	CRITÉRIOS ..... 5
4	OBJECTIVOS ..... 6
5	METODOLOGIAS DE PROJECTO DAS BARREIRAS ACÚSTICAS ..... 7
5.1	O Ruído de Tráfego Rodoviário ..... 7
5.2	Emissão Sonora ..... 8
5.3	Metodologias de Projecto ..... 9
6	BIBLIOGRAFIA ..... 11

	<i><u>Pag.</u></i>
<b>II</b>	<b>CONDIÇÕES TÉCNICAS</b>
1	DIMENSIONAMENTO DAS SOLUÇÕES ..... 1
1.1	Barreiras Acústicas ..... 1
1.1.1	Barreira 1 ..... 1
1.1.2	Barreira 2 ..... 2
1.1.3	Barreira 3 ..... 3
2	ESPECIFICAÇÕES DOS MATERIAIS ..... 5
2.1	Painéis Acústicos Absorventes ..... 5
2.2	Painéis Acústicos Reflectores ..... 5
3	CONSIDERAÇÕES GERAIS ..... 6
4	DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DAS BARREIRAS ACÚSTICAS ..... 7
4.1	Memória Descritiva e Justificativa ..... 7
4.1.1	Introdução ..... 7
4.1.2	Solução Estrutural ..... 8
4.1.3	Acções ..... 9
4.1.4	Dimensionamento ..... 9
4.1.5	Materiais ..... 9
4.2	Cálculos ..... 9
4.2.1	Dimensionamento Estrutural das Barreiras formadas por painéis de Betão Absorventes. .... 10
4.2.1.1	Características dos montantes em betão armado ..... 10
4.2.1.2	Acções ..... 10
4.2.1.3	Dimensionamento dos montantes ..... 11
4.2.1.4	Dimensionamento do lintel de betão ..... 11
4.2.1.5	Fundações ..... 11

---

	<b><u>Pag.</u></b>
4.2.2	Dimensionamento da Barreira formada por Painéis Acrilicos com 2,00 m de altura..... 12
4.2.2.1	Dimensionamento dos perfis metálicos dos montantes..... 12

### ***III ANEXOS***

ANEXO I	Tabelas de Resultados das Barreiras Acústicas ..... 1
ANEXO II	Parte Desenhada..... 3
	ALTO-PE-PS-01 – Esboço Corográfico
	ALTO-PE-PS-02 – Implantação da Barreira 1
	ALTO-PE-PS-03 – Implantação da Barreira 2
	ALTO-PE-PS-04 – Implantação da Barreira 3
	ALTO-PE-PS-05 – Pormenores das Barreiras Acústicas

## **I - MEMÓRIA DESCRITIVA**

## 1 - PROTECÇÃO SONORA

O Sublanço entre Alburitel e Carregueiros do Itinerário Complementar n.º 9, IC 9, em estudo projecta-se, na vizinhança de utilizações sensíveis ao ruído, nomeadamente áreas habitacionais, conforme consta da análise detalhada constante do Estudo de Impacte do Ruído.

Aquele Estudo recomendou a adopção de medidas de minimização do ruído gerado pela circulação de tráfego rodoviário.

Para minimização dos impactes negativos previstos no ambiente sonoro local, recomenda-se a colocação de **Barreiras Acústicas** nas seguintes zonas:

- km 0+000 a km 0+750, lado Norte
- km 0+470 a km 1+200, lado Sul
- km 1+200 a km 1+585, lado Sudoeste.

As Barreiras Acústicas constituem sistemas de protecção ao ruído eficazes, minorando o impacte produzido pelo ruído gerado nas linhas de tráfego contínuo. O conjunto de fenómenos subjacentes ao funcionamento eficaz de uma barreira é vasto e a sua completa contabilização exige cálculos complexos que requerem o recurso a técnicas e procedimentos computacionais de forma a otimizar o seu projecto e, dessa forma, minimizar os custos das soluções. Por outro lado, a inserção de uma barreira poderá introduzir um impacte ambiental de outra ordem, estética, visual, ou determinar alterações das condições ambientais, luminosidade, ventilação ou drenagem, se estes aspectos não forem adequadamente acautelados. A integração ambiental e paisagística faz, igualmente, parte de um projecto integrado, tendo em conta os materiais de composição, a sua forma, revestimentos e outros factores.

O dimensionamento das barreiras acústicas teve em conta as características dos locais para os quais foram recomendadas. Não só por razões técnicas, de forma a estabelecer uma atenuação sonora que satisfaça as especificações pretendidas ou de acordo com critérios técnicos e/ou legais adoptados, mas igualmente de modo a seleccionar os materiais que mais se adaptam a toda a envolvente paisagística e que melhor se integram no local em questão. A componente económica foi também aqui importante dada a diversidade significativa de custos dos diferentes tipos de materiais constitutivos que podem ser utilizados.

As barreiras foram dimensionadas recorrendo a Projecto Acústico assistido por Computador, utilizando o Programa BARR. A altimetria nas diferentes secções e respectivas extensões foram optimizadas de modo a minorar os custos das soluções.

## 2 - BARREIRAS ACÚSTICAS

### 2.1 - FUNÇÕES E OBJECTIVOS

As barreiras acústicas são dispositivos que cumprem dois tipos de funções essenciais:

- a dissimulação de uma fonte da percepção do receptor
- a protecção do receptor dos efeitos da fonte, se estes forem incomodativos.

A primeira daquelas funções assume um papel significativo no caso dos efeitos incomodativos serem apenas marginais, já que promove o desacoplamento entre as imagens visual e auditiva no receptor (população e utentes dos locais afectados pelo ruído). Subjectivamente, cumpre uma função importante, sobretudo para utilizações muito próximas. Quando os efeitos são incomodativos, complementa a protecção sonora de forma importante.

A protecção sonora no receptor dos efeitos do ruído constitui a função primordial deste tipo de sistemas. Dado tratar-se de um sistema aberto, em que as ondas sonoras se propagam para além e em torno da barreira, bem como de extensão finita, a sua eficácia é altamente dependente da frequência e relativamente limitada.

A instalação das barreiras acústicas mostra-se eficaz, com o dimensionamento adequado, para a protecção sonora das utilizações situadas na imediata vizinhança do projecto em estudo. A protecção actua sobre os espaços exteriores que são públicos ou privados e a níveis superiores.

As atenuações projectadas para as barreiras garantirão que o impacte negativo resultante da passagem do tráfego rodoviário é significativamente minimizado, para aqueles tipos de operações. Desta forma, consegue-se conter os valores previstos para os indicadores de ruído dentro de intervalos considerados como não susceptíveis de introduzir perturbação.

### 2.2 - FENOMENOLOGIA

Uma barreira acústica protege uma determinada zona de recepção sonora pela interposição de um impedimento no caminho de propagação das ondas sonoras. Cria uma "zona de sombra" na qual o receptor não "vê" o emissor. Tal não impede, contudo, essa zona de receber energia sonora através de um conjunto de mecanismos físicos que contribuem, na sua complexidade, para a criação de uma distribuição sonora espacial dependente da geometria do sistema e de cada comprimento de onda.

Os fenómenos físicos presentes numa situação de existência de uma barreira acústica podem ser listados como segue:

- **transmissão** - a barreira deverá possuir um isolamento sonoro adequado, apresentando uma impedância que seja suficiente para impedir a transmissão sonora através dela própria sem o que a "zona de sombra" poderá ser contaminada pela

energia que atravessa a barreira comprometendo ou eliminando mesmo a sua eficácia;

- **difracção** - a "zona de sombra" não será uma *zona de silêncio* devido à difracção das ondas sonoras na aresta da barreira - este é um mecanismo de importância primordial no estabelecimento do desempenho da barreira; o fenómeno é altamente dependente da geometria da situação (distâncias da fonte sonora à barreira e do receptor à barreira) e do comprimento da onda sonora;
- **reflexão** - o campo sonoro nos dois lados da barreira é reforçado pela impedância finita da superfície da barreira que determina a reflexão das ondas que nela incidem; a reflexão das ondas nas superfícies do solo dos dois lados da barreira joga um papel com a mesma ordem de importância;
- **absorção** - fenómeno oposto ao anterior, a absorção nas paredes da barreira, bem como no solo, contribui para a diminuição da energia dos campos sonoros dos lados do emissor e do receptor.

Outros aspectos, como a extensão finita da barreira, terão de ser tomados em consideração. De facto, embora um determinado local possa "ver" uma fonte de ruído estendendo-se a longas distâncias nas duas direcções opostas, a barreira que o irá proteger não poderá, por razões de ordem diversa, em que a económica é determinante, acompanhar completamente o espaço de desenvolvimento ou de estacionamento da fonte sonora. Haverá, em tais casos, um ângulo de incidência do ruído que não ficará protegido.

É a combinação e coordenação dos diferentes fenómenos que determina as características de atenuação da barreira.

A selecção dos materiais constitutivos define as propriedades de isolamento, de absorção e de reflexão.

A altura em cada local estabelece grandezas dos campos sonoros nas zonas protegidas. A geometria do terreno, com os eventuais desníveis entre a fonte e a zona de recepção, bem como as distâncias à fonte são factores intervenientes.

A extensão necessária para cada barreira é definida pelo ângulo de incidência da fonte sonora no local e pelo grau de atenuação desejado.

Uma contabilização rigorosa dos fenómenos e sua influência leva ainda em conta as características de absorção/reflexão dos terrenos envolventes e os regimes dos ventos (direcções e intensidades) dominantes na área.

### 2.3 - DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento de uma barreira especifica todas as suas características com base nos fenómenos descritos de forma a garantir as exigências de atenuação com um mínimo de custos.

Tem de ser suficientemente isolante para evitar transmissão e, como tal, poder curto-circuitar o efeito de écran. A selecção dos materiais é, aqui, importante. Deverá ter altura suficiente para promover uma "zona de sombra" no receptor com a atenuação necessária nas bandas de frequência de interesse. Deverá estar adaptada ao local em extensão e em posição. Deverá evitar reflexões prejudiciais tanto do lado do receptor como do lado do emissor. Deverá ser integrada na paisagem de forma harmoniosa, com um bom aspecto visual e estético.

Alguns aspectos que podem parecer secundários, numa primeira apreciação, assumem grande importância quando se equaciona a manutenção das propriedades no tempo, por um lado, e a não perturbação das condições de funcionalidade ou ambientais, por outro, como fundamentais à aceitação das barreiras pelas populações e à sua eficácia real.

Assim, os materiais utilizados deverão ter em atenção as características do local, nomeadamente as climatéricas, de forma a assegurar que as propriedades que lhe são atribuídas na altura da instalação se mantêm no tempo. Problemas de segurança foram, também, tomados em conta de forma a não constituírem perigo adicional para as pessoas em caso de choques ou vandalismos nem ser danificada de forma irreversível ou dispendiosa.

## **2.4 - INTEGRAÇÃO PAISAGÍSTICA E ASPECTOS ECONÓMICOS**

A barreira acústica, garantindo uma atenuação que minimiza o impacto do ruído nas zonas protegidas e evitando problemas secundários, referidos atrás, na estrada e na zona envolvente, não deverá criar, por outro lado, um outro tipo de impacto porventura maior ou susceptível de comprometer a aceitação da medida por parte dos habitantes da zona. Este aspecto determina a constituição/revestimento da barreira de forma a melhor a integrar no local.

A integração local da solução, que reveste uma importância crucial do ponto de vista ambiental, pode, contudo revelar-se relevante do ponto de vista económico.

A altura das barreiras foi dimensionada de forma a compatibilizar os requisitos acústicos com as necessidades de iluminação natural pelo sol.

A solução global encontrada, que normaliza tipologias de soluções para o local, permite minimizar os custos pois racionaliza, no seu conjunto, o fornecimento e a montagem dos materiais.

A solução final apresentada representa um compromisso técnico-económico que nos parece contemplar todos os aspectos referidos de forma otimizada.

### 3 - CRITÉRIOS

A legislação nacional sobre o ruído ambiente em Portugal é, actualmente, enquadrada do ponto de vista legal pelo Regime Legal sobre a Poluição Sonora (Regulamento Geral do Ruído), Decreto-Lei n.º 292/2000 de 14 de Novembro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 259/2002 de 23 de Novembro. Este documento estabelece uma estrutura legal para a limitação de níveis de ruído ambiente, apresentando requisitos para alguns tipos de construções e instalações e critérios para definição de incomodidade devida ao ruído e respectiva protecção.

As infra-estruturas de transporte são contempladas no seu Artigo 15º, “*Infra-estruturas de transporte*”, o qual estabelece que “*as entidades responsáveis pelo planeamento ou pelo projecto das novas infra-estruturas de transportes rodoviários ... ou pelas alterações às existentes devem adoptar as medidas necessárias para que a exposição da população ao ruído no exterior não ultrapasse os níveis sonoros referidos no nº 3 do artigo 4º, para as zonas sensíveis e mistas*”. Este artigo estabelece como limites para o valor do índice  $L_{Aeq}$  55 dB(A) no período diurno e 45 dB(A) no período nocturno nas **zonas sensíveis** e 65 dB(A) no período diurno e 55 dB(A) no período nocturno nas **zonas mistas**.

O Artigo 3º define **zonas sensíveis** como áreas “*vocacionadas para usos habitacionais, existentes ou previstos, bem como para escolas, hospitais, espaços de recreio e lazer e outros equipamentos colectivos prioritariamente utilizados pelas populações como locais de recolhimento, existentes ou a instalar*”. **Zonas mistas** são “*as zonas existentes ou previstas cuja ocupação seja afectada a outras utilizações, para além das referidas na definição de zonas sensíveis, nomeadamente a comércio e serviços*”. O nº 2 do Artigo 4º estabelece que a “*classificação de zonas sensíveis e mistas ... é da competência das câmaras municipais*”.

Estes critérios serão utilizados na análise do problema do ruído na zona envolvente do Sublanço entre Alburitel e Carregueiros do IC 9.

#### 4 - OBJECTIVOS

Os objectivos primordiais das soluções que se estudam e dimensionam são a reposição do ambiente acústico actualmente existente ou a contenção da perturbação sonora dentro de níveis aceitáveis e permitidos pela legislação aplicável. Os critérios de decisão e de especificação são os que foram expostos atrás.

A perturbação sonora mais intensa é a causada nas imediações da estrada, nas habitações situadas na primeira e segunda fiada de casas, já que os edifícios localizados em fiadas secundárias ou posteriores beneficiam dos efeitos de atenuação proporcionado pelas construções da frente.

Os objectivos técnicos foram coordenados com os custos das soluções e sua minimização. De facto os critérios subjacentes ao projecto dos sistemas de atenuação sonora são, para além dos legais, a maximização da relação benefício/custo e a integração paisagística e estética harmoniosa no ambiente envolvente.

A barreira acústica aproveita os desníveis de terreno de forma a minimizar as alturas e extensões das instalações. Este procedimento para além da diminuição dos custos tem as vantagens de minimizar o impacte visual da construção e a eventual obstrução da incidência solar.

Os objectivos de protecção sonora para os locais de implantação das barreiras correspondem à satisfação dos critérios expostos. As atenuações sonoras que se projectam garantem que os valores de ruído (i) não excedem os limites legais (tendo em conta (a) as medições acústicas no local, (b) as previsões de ruído de tráfego rodoviário desde o ano de implementação até ao ano horizonte e (c) a análise do cenário de evolução na ausência do projecto) e (ii) se mantêm dentro de valores não susceptíveis de induzir incomodidade. No presente projecto, pretendeu-se que os valores dos índices de ruído não excedessem, os 55 dB(A) na vigência do período diurno, dado que as zonas onde é necessário implantar as barreiras acústicas se configuram como podendo vir a ser classificadas como “zonas sensíveis”.

## 5 - METODOLOGIAS DE PROJECTO DAS BARREIRAS ACÚSTICAS

### 5.1 - O RUÍDO DE TRÁFEGO RODOVIÁRIO

Um veículo em movimento gera ruído por meio de diversos mecanismos. De uma forma sumária pode ser afirmado que as principais fontes de ruído geradas por um veículo em movimento são as seguintes: motor, escape, penetração aerodinâmica do veículo e interacção pneu-estrada.

O ruído radiado pelo motor depende essencialmente do tipo de motor e da sua velocidade de rotação, aumentando fortemente com esta (exemplo: 70 dB(A) a 1000 rpm, 95 dB(A) a 5000 rpm). O ruído originado no sistema de escape pode ser ou não importante dependendo da sua qualidade e estado de conservação, nomeadamente do silenciador, e aumenta também com a rotação do motor. Quer o ruído do motor quer o do escape tendem a ser cada vez menores devido ao empenho cada vez maior dos fabricantes nesse sentido.

O ruído aerodinâmico origina-se na turbulência e fluxo de ar a alta velocidade que a penetração do veículo cria, quer ao nível do sistema de ventilação do motor quer em torno de todo o corpo do veículo. A melhoria dos coeficientes aerodinâmicos dos veículos tende a reduzir este tipo de ruído mas, em contrapartida, o aumento das velocidades de circulação tende a aumentá-lo pelo que a importância desta fonte de ruído tem vindo progressivamente a aumentar, nomeadamente em estradas de tráfego rápido.

A interacção pneu-estrada tende a ser a fonte de ruído mais importante nos veículos modernos, nomeadamente nos ligeiros, existindo vários mecanismos geradores de ruído associados: bombagem de ar de e para as pequenas depressões do pavimento e interstícios dos pneus, vibração dos pneus e fluxo aerodinâmico pela superfície do pneu.

Não obstante a grande variabilidade das características do ruído gerado por veículos, quando considerados individualmente, a existência de grande número de veículos em circulação numa linha de tráfego permite considerar valores médios estatísticos dependentes apenas das características específicas dessa linha. Assim, os métodos de previsão do ruído emitido por linhas de tráfego partem essencialmente de dados estatísticos experimentais que têm em conta factores como a velocidade média de circulação, o fluxo de tráfego, a percentagem de veículos pesados, a inclinação da via, as características do pavimento e outros.

Do ponto de vista de dimensionamento de barreiras acústicas e uma vez estabelecido o grau de protecção global necessário (em dB(A)), os dados de partida mais importantes a considerar são o espectro médio do ruído gerado pela linha de tráfego e a geometria do sistema emissores-barreira-receptores.

O espectro do ruído, isto é, a forma como este se distribui pelas várias bandas de frequência, é importante já que a atenuação produzida por uma dada barreira depende fortemente da frequência. A título de exemplo, se se considerarem dois tipos de ruído correspondendo a um mesmo nível sonoro global em dB(A) mas sendo um deles predominantemente de baixas e o

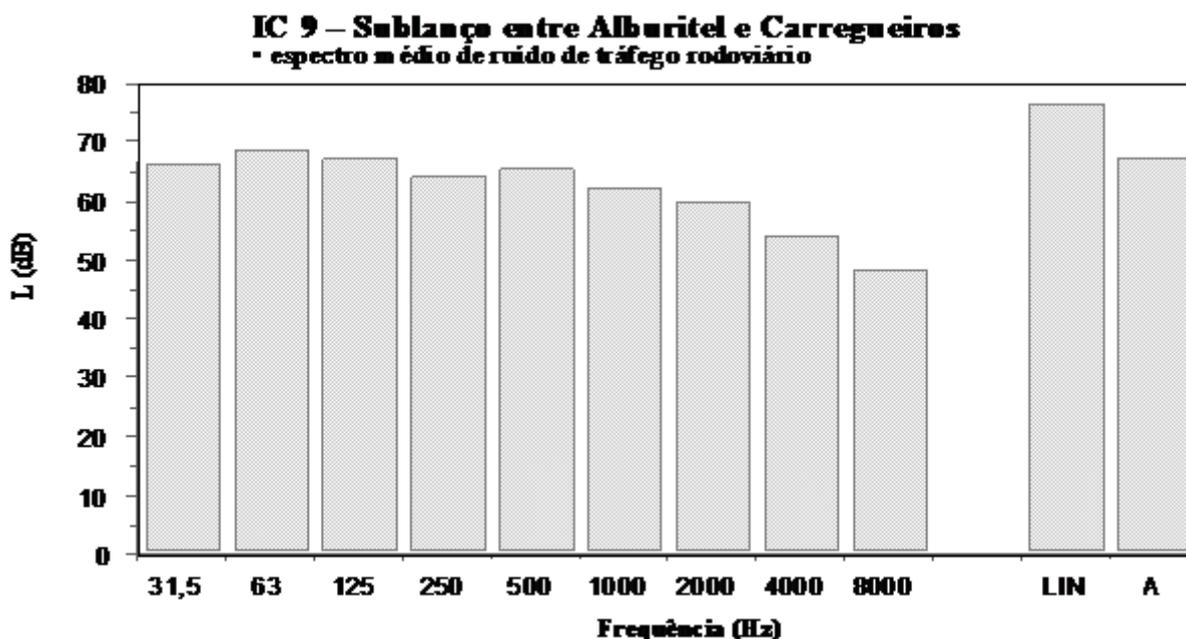
outro de altas frequências, a atenuação proporcionada por uma dada barreira pode ser de, por exemplo, 3 dB(A) para o primeiro e de 20 dB(A) para o segundo. O espectro do ruído dependerá essencialmente das velocidades de circulação e da percentagem de veículos pesados.

A geometria do sistema, por outro lado, é também importante já que a atenuação depende da posição da barreira em relação à fonte sonora e ao receptor podendo dizer-se que a atenuação aumenta com a diferença de percurso das ondas sonoras entre as situações com e sem a barreira: quanto mais a barreira cortar a linha de vista emissor-receptor maior será a atenuação resultante.

Estes aspectos foram tratados em pormenor de forma a assegurar a máxima precisão possível nos dados de entrada para o dimensionamento da barreira em projecto.

## 5.2 - EMISSÃO SONORA

O dimensionamento das barreiras acústicas tem em conta as características espectrais do ruído emitido pela circulação em cada uma das vias. O espectro de referência considerado é apresentado na Figura 1.



*Figura 1 - Espectro do ruído de tráfego rodoviário considerado para o dimensionamento da barreira acústica.*

A localização típica das barreiras acústicas foi considerada para que na sua face interior (do lado da estrada) fosse coincidente com a linha de referência. Considerou-se ainda essa face

como sendo praticamente vertical de forma que a aresta do topo da barreira que fica do lado da estrada não se afastasse mais de 1,2 m da linha de referência (na horizontal), para assim garantir uma maior eficácia. Afastamentos maiores, motivados por maior afastamento da barreira em relação à estrada ou por inclinação apreciável da sua face interior, conduzem a perdas de eficácia da barreira que, para a mesma atenuação sonora, terá que apresentar uma altura superior. Tal deve-se ao facto de a atenuação proporcionada por uma barreira com uma dada altura ser tanto maior quanto mais esta se aproximar das fontes de ruído.

Refira-se que a Barreira Acústica 1 se implantará parcialmente sobre o Viaduto 1 e na sua parte final sobre o Muro 1 afecto ao Ramo D do Nó de Vale dos Ovos.

### **5.3 - METODOLOGIAS DE PROJECTO**

O método utilizado para o projecto da barreira acústica seguiu a seguinte cadeia de procedimentos:

#### **1 Definição dos objectivos técnicos (atenuações necessárias) com base em:**

- medições locais e previsões de níveis sonoros;
- análise detalhada dos locais a proteger:
  - plantas, perfis transversais;
  - trabalho de campo;
- previsão de atenuações sonoras sem barreira devidas a:
  - obstáculos existentes nos percursos de propagação;
  - diferença de cotas de receptores e fontes;

#### **2 Dimensionamento das barreiras com base em:**

- objectivos técnicos definidos;
- espectro do ruído previsto:
  - dados existentes em bibliografia;
  - dados de medições nas actuais condições de funcionamento;
  - extrapolação para as condições futuras de funcionamento;
- geometria do sistema emissores-barreira-receptores:
  - perfis transversais da estrada;
  - distribuição das fontes em linha;
- características acústicas:
  - do solo do lado das fontes;
  - do solo do lado dos receptores;

- dos materiais constituintes e de revestimento da barreira;
- **condicionalismos:**
  - posições possíveis para as barreiras;
  - alturas possíveis de realizar com custos moderados;
  - impacte visual e obstrução aos raios solares;
- **previsão de atenuações sonoras de barreiras:**
  - para os vários perfis emissor-receptor;
  - para várias alturas de barreira;
  - para várias posições da barreira;

### **3 Técnicas utilizadas**

- método empírico de Maekawa;
- aproximação analítica de Kurze e Beranek;
- simulação em computador com o programa BARR contabilização rigorosa de:
  - reflexões no solo (fontes e receptores-imagem);
  - ondas de superfície;
  - difracção de ondas esféricas no topo da barreira;
  - desníveis do terreno;
- dimensionamento com optimização interactiva:
  - por bandas de frequência e em dB(A);
  - em função da altura da barreira;
  - em função da localização da barreira.

## 6 - BIBLIOGRAFIA

- [1] Bento Coelho, J. L., (1994). Protecção do Ruído de Tráfego Rodoviário, Actas do Seminário sobre a Avaliação do Impacte Ambiental de Projectos Rodoviários, Espinho, 1-10.
- [2] Maekawa, Z., (1965). Noise Reduction by Screens, Memoirs of Faculty of Eng., Kobe Univ., Japão, 11, 29-53.
- [3] Maekawa, Z., (1966). Noise Reduction by Screens of Finite Size, Memoirs of Faculty of Eng., Kobe Univ., Japão, 12, 1-12.
- [4] Maekawa, Z., (1993). Recent Problems with Noise Barriers, Proceedings of NOISE-93 International Noise and Vibration Control Conference, St. Petersburg, 125-132.
- [5] Meneses, R., Bento Coelho, J. L. (1987). Computer Aided Modelling and Design of Noise Barriers, Proceedings of the 5th Congress of the Fed. of Acoustical Soc. of Europe, FASE 87, Lisboa, 181-184.
- [6] Meneses, R., Bento Coelho, J. L., (1987). On the Prediction of Noise Statistics in the Presence of Acoustical Barriers, Proceedings of the 5th Congress of the Fed. of Acoustical Soc. of Europe, FASE 87, Lisboa, 185-188.
- [7] Meneses, R., Bento Coelho, J. L., (1989). On the Estimation of Noise Indexes in the Presence of Acoustical Barriers, Proceedings of INTERNOISE 89, Newport Beach, CA, USA, 357-360.

## **II – CONDIÇÕES TÉCNICAS**

## 1 - DIMENSIONAMENTO DAS SOLUÇÕES

### 1.1 - BARREIRAS ACÚSTICAS

#### 1.1.1 - Barreira 1

- 1 - **Zona a Proteger:** área com ocupação habitacional entre os kms 0+200 e 0+700, no lado Norte do Sublanço entre Alburitel e Carregueiros do IC 9.
- 2 - **Níveis Sonoros Previstos para os locais ocupados:** entre 55,5 dB(A) e 60 dB(A) no ano 2025, conforme a análise efectuada para três casas de habitação tomadas para referência localizadas do lado Norte do traçado.
- 3 - **Níveis Sonoros Previstos após a inserção da barreira:** entre 49 dB(A) e 52,5 dB(A).
- 4 - **Solução:** barreira acústica absorvente, com uma altura constante de 2,00 m, do lado Norte, para protecção da zona habitacional.

Entre os kms 0+000 e 0+525 a barreira deverá ser implantada sob a estrada. A partir do km 0+525 (0+260 do Ramo D) a barreira deverá ser implantada ao nível do Ramo D, parcialmente sobre o Muro 1 (ver implantação no Desenho ALTO-PE-PS-02).

#### ***Desenvolvimento da Barreira Acústica:***

*início:* km 0+000, altura – 2,00 m

km 0+000 a km 0+525 (km 0+260 Ramo D), altura - 2,00 m

*final:* km 0+035 do Ramo D

*extensão:* 750 m

*área total aproximada:* 1500 m<sup>2</sup>

#### **Barreira Acústica 1** **lado Norte**

	<b>Km</b>	<b>Extensão (m)</b>	<b>Altura (m)</b>
<i>Sob a estrada</i>	0+000	525	2,00
	0+525 (0+260 Ramo D)	225	2,00
<i>Sob Ramo D</i>	0+035 do Ramo D	Final	

#### 5 - Materiais:

- Entre os kms 0+000 e 0+249 (zona em viaduto) – painéis acústicos reflectores do lado da estrada

- entre os kms 0+249 e 0+750 - painéis acústicos absorventes do lado da estrada

**6 - Resultados:** foram efectuados estudos de optimização da altura e extensão da barreira utilizando o Programa de dimensionamento BARR, realizando simulações para as três casas de habitação, tendo em consideração as diferenças de cotas entre a estrada e as mesmas, bem como o afastamento destas à estrada.

No Anexo I são apresentadas as Tabelas de resultados. Mostram-se os valores previstos para o índice de ruído ambiente  $L_{Aeq}$  antes e depois da inserção da barreira acústica, para o ano 2025 bem como o valor da sua Perda de Inserção para 1º piso

### 1.1.2 - Barreira 2

- 1 - **Zona a Proteger:** área com ocupação habitacional entre o km 0+650 e o km 1+400, no lado Sul do Sublanço entre Alburitel e Carregueiros do IC 9.
- 2 - **Níveis Sonoros Previstos para os locais ocupados:** 60 dB(A) no ano 2025, conforme o a análise efectuada para duas casas de habitação tomadas para referência localizadas do lado Sul do traçado.
- 3 - **Níveis Sonoros Previstos após a inserção da barreira:** entre 52 dB(A) e 54,5 dB(A).
- 4 - **Solução:** barreira acústica absorvente, com uma altura constante de 2,00 m, do lado Sul, para protecção da zona habitacional.

Entre os kms 0+470 e 0+500 a barreira desenvolver-se-á ao nível da estrada. Desde o km 0+500 (km 0+000 do Ramo A) e até ao km 0+250 do Ramo A a barreira deverá ser implantada sob este Ramo. Entre os kms 0+025 e o km 0+300 do Ramo B a barreira a barreira será implantada ao nível do Ramo B. A partir do km 1+025 da estrada (km 0+300 do Ramo B) e até ao km 1+200 a barreira será implantada ao nível da estrada (ver implantação da Barreira no Desenho ALTO-PE-PS-03)

#### ***Desenvolvimento da Barreira Acústica:***

*início:* km 0+470, altura - 2,00 m

km 0+470 a km 1+200, altura - 2,00 m

*final:* km 1+200

*extensão:* 730 m

*área total:* 1460 m<sup>2</sup>

### **Barreira Acústica 2** **lado Sul**

Km	Extensão (m)	Altura (m)
0+470	730	2,00
1+200	Final	

- 5 - Materiais:** painéis acústicos absorventes do lado da estrada
- 6 - Resultados:** foram efectuados estudos de optimização da altura e extensão da barreira utilizando o Programa de dimensionamento BARR, realizando simulações para duas casas de habitação, tendo em consideração as diferenças de cotas entre a estrada e as casas, bem como o afastamento destas à estrada.

No Anexo I são apresentadas as Tabelas de resultados. Mostram-se os valores previstos para o índice de ruído ambiente  $L_{Aeq}$  antes e depois da inserção da barreira acústica, para o ano 2025.

#### **1.1.3 - Barreira 3**

- 1 - Zona a Proteger:** área com ocupação habitacional, ao km 1+400, do lado Sudoeste, do Sublanço entre Alburitel e Carregueiros do IC 9.
- 2 - Níveis Sonoros Previstos para os locais ocupados:** 61 dB(A) no ano 2025, conforme a análise efectuada para uma casa de habitação considerada para referência, localizada no lado Sudoeste do traçado.
- 3 - Níveis Sonoros Previstos após a inserção da barreira:** 55 dB(A).
- 4 - Solução:** barreira acústica absorvente, com uma altura constante de 2,00 m, do lado Sudoeste, para protecção da zona habitacional (ver implantação da Barreira no Desenho ALTO-PE-PS-03).

#### ***Desenvolvimento da Barreira Acústica:***

*início:* km 1+200, altura - 2,00 m

km 1+200 a km 1+585, altura - 2,00 m

*final:* km 1+585

*extensão:* 385 m

*área total:* 770 m<sup>2</sup>

### **Barreira Acústica 3** **lado Sudoeste**

Km	Extensão (m)	Altura (m)
1+200	385	2,00
1+585	Final	

- 5 - **Materiais:** painéis acústicos absorventes do lado da estrada
- 6 - **Resultados:** foram efectuados estudos de optimização da altura e extensão da barreira utilizando o Programa de dimensionamento BARR, realizando simulações para uma casa, tendo em consideração as diferenças de cotas entre a estrada e o receptor, bem como o afastamento deste à estrada.

No Anexo I são apresentadas as Tabelas de Resultados. Mostram-se os valores previstos para o índice de ruído ambiente  $L_{Aeq}$  antes e depois da inserção da barreira acústica, para o ano 2025.

## **2 - ESPECIFICAÇÕES DOS MATERIAIS**

### **2.1 - PAINÉIS ACÚSTICOS ABSORVENTES**

A face dos painéis absorventes voltada para a estrada deverá garantir valores do coeficiente de absorção sonora  $\alpha \geq 0,6$  nas bandas de oitava centradas nas frequências a partir de 250 Hz.

Os painéis da barreira acústica são em betão com revestimento superficial absorvente acústico ou em blocos vazados de betão com preenchimento interior em material absorvente e abertos na face voltada para a estrada, respeitando as especificações expostas em cima relativas aos coeficientes de absorção sonora.

Os painéis deverão ser pintados com tinta de água, aplicada a rolo directamente sobre a superfície (sem rebocar), com a cor RAL 1013.

Este tipo de painéis não requer qualquer programa especial de manutenção.

### **2.2 - PAINÉIS ACÚSTICOS REFLECTORES**

Os painéis acústicos reflectores deverão ser em acrílico fundido com 20 mm de espessura.

Para estes painéis, deverá ser previsto programa de lavagem com agulheta. A regularidade desta operação dependerá das condições climatéricas em cada ano, já que as chuvas efectuam uma lavagem natural dos dois lados. Em princípio, presume-se que uma operação de lavagem anual ou bienal será suficiente para garantir condições adequadas de transparência.

### **3 - CONSIDERAÇÕES GERAIS**

É necessário garantir uma excelente selagem ao conjunto dos painéis que constituem as barreiras acústicas. Não deverão ficar espaços ou frinchas ou entre painéis e os montantes de suporte ou entre os painéis e o solo.

## 4 - DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DAS BARREIRAS ACÚSTICAS

### 4.1 - MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

#### 4.1.1 - Introdução

Refere-se a presente Memória ao Projecto de Execução da Estrutura de Barreiras Acústicas, a instalar em alguns troços do IC 9, entre Alburitel e o Nó de Carregueiros.

De acordo com as medidas preconizadas pelo Estudo de Impacte Ambiental, prevê-se a necessidade de colocar Barreiras Acústicas em algumas zonas do troço referido anteriormente.

Seguidamente apresentamos de forma genérica a localização das várias barreiras, em termos de início e fim bem como a altura das mesmas.

- **Desenvolvimento das Barreiras Acústicas:**

**Barreira 1** – a implantar no lado Norte

*Secção 1 - desenvolve-se em viaduto*

Início - km 0+000

Fim – km 0+249

H barreira = 2,00 m

*Secção 2*

Início - km 0+249

Fim – km 0+035 do Ramo D

H barreira = 2,00 m

**Barreira 2** – a implantar no lado Sul

- **Secção 1**

- Sobre a estrada

Início - km 0+470

Fim – km 0+500

H barreira = 2,00 m

- Sobre o Ramo A

Início - km 0+000

Fim – km 0+250 do Ramo A

H barreira = 2,00 m

- **Secção 2**

- Sobre o Ramo B
  - Início - km 0+025
  - Fim – km 0+300
  - H barreira = 2,00 m
- Sobre a estrada
  - Início - km 1+025
  - Fim – km 1+200
  - H barreira = 2,00 m

**Barreira 3** – a implantar no lado Sul

- Início - km 1+200
- Fim – km 1+585
- H barreira = 2,00 m

#### **4.1.2 - Solução Estrutural**

As barreiras descritas anteriormente são compostas por painéis absorventes em alvenaria de blocos do tipo “Soundblox” com 2,00 m de altura.

Apenas a Secção 1 da Barreira 1 a implantar em viaduto será constituída por painéis acrílicos com 2,00 m de altura. Neste caso, os painéis apoiarão lateralmente em montantes metálicos.

Nos restantes casos – Barreiras constituídas por painéis absorventes tipo “Soundblox”, os painéis serão apoiados lateralmente em pilaretes de betão armado espaçados de 3,00 m e com secção transversal de 0,20 x 0,20 m que apoiam inferiormente num lintel igualmente em betão armado, de acordo com a espessura do painel de alvenaria de blocos a sustentar.

O lintel e os pilaretes laterais, atrás referidos serão fabricados e fornecidos de acordo com as especificações próprias dos painéis de alvenaria absorventes do tipo mencionado anteriormente, sendo a geometria da sua secção transversal a mais adequada a este tipo de painel.

Relativamente aos painéis acrílicos que se pretendem colocar na Barreira 1, será necessário criar uma estrutura secundária que permita a sua fixação. A fixação destes será feita através da interposição de perfis metálicos colocados interiormente aos “pilaretes” de alvenaria dos painéis.

### 4.1.3 - Acções

As acções consideradas para o dimensionamento dos elementos estruturais foram as preconizadas no regulamento de Segurança e Acções para Edifícios e Pontes (R.S.A.), sendo a acção condicionante a acção do vento.

### 4.1.4 - Dimensionamento

Para o dimensionamento dos elementos das barreiras, considerou-se que os painéis formados pelo paramento em blocos de betão têm um vão de 3,00 m, apoiando em montantes igualmente em betão, que conjuntamente com o “lintel” de fundação formarão um todo.

A determinação dos esforços actuantes, bem como a verificação dos elementos estruturais apresenta-se seguidamente nos cálculos justificativos.

Para o dimensionamento e verificação dos elementos de Betão Armado, seguiram-se as prescrições do Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado (R.E.B.A.P.).

Os elementos estruturais metálicos foram dimensionados de acordo com o Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios (R.E.A.E.).

### 4.1.5 - Materiais

Os materiais a utilizar serão os seguintes:

- Betões das seguintes classes:
  - C20/25 – em geral,
  - C12/15 – na regularização de fundações com 0,05 m
- Aço A400 NR - Em geral
- Se 360 – em perfis e chapas.

## 4.2 - CÁLCULOS

Para o dimensionamento estrutural das barreiras vamos considerar o caso de uma barreira com 2,00 m de altura, constituída por painéis com vão máximo de 3,00 m entre montantes de alvenaria armada espaçados de 3,00 m e que apoiam inferiormente num lintel igualmente em betão armado com 0,15 x 0,20 m.

## 4.2.1 - Dimensionamento Estrutural das Barreiras Formadas por Painéis de Betão Absorventes.

### 4.2.1.1 - Características dos Montantes em Betão Armado

Secção Transversal 0,20 x 0,20 m

$$\text{Peso próprio} = 100 \text{ kg/m}$$

$$\text{Área} = 400,00 \text{ cm}^2$$

$$\text{Inércia} = 13333,33 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 666,70 \text{ cm}^3$$

### 4.2.1.2 - Acções

#### *Carga Permanente:*

$$pp \text{ (montante)} = 1,00 \text{ KN/m}$$

$$pp \text{ (painel de betão)} = 1,65 \text{ kN/m}^2$$

#### *Vento:*

Iremos considerar a situação mais desfavorável:

Zona A, Terreno tipo II

$$h \ll 10,00 \text{ m} \quad \text{logo} \quad \omega_k = 0,9 \text{ KN/m}^2$$

$$F_{\omega} = \delta f \times \omega_k \times A$$

$$\delta f = 1,2 \quad F_{\omega} = 1,08 \text{ KN/m}^2$$

$$h = 2,00 \text{ m} ; F_w = 6,48 \text{ kN}$$

#### *Sismo:*

$$pp \text{ (painel)} = 1,65 \text{ kN/m}^2$$

$$pp \text{ (pilarete)} = 1,00 \text{ kN/m}$$

$$\text{Total ( Mi )} = 11,9 \text{ kN}$$

$$\text{Considerando } \beta = 0,16; F_e = 0,16 \times 11,9 = 1,904 \text{ kN} < F_w$$

Como a força do vento é superior à do sismo, apenas iremos considerar que esta é a Acção condicionante.

#### 4.2.1.3 - Dimensionamento dos Montantes:

- **Pilarete em Betão Armado** – Secção Transversal de 0,20 x 0,20 m<sup>2</sup>

Para o dimensionamento do pilarete, iremos considerar que se encontra em consola, a partir da fundação.

$$H = 2,00 \text{ m}$$

$$F_w = 3,24 \text{ kN/m}$$

$$M_{sd} (\text{apoio}) = 9,72 \text{ kNm}$$

$$\mu = 0,20; A_s = 3,00 \text{ cm}^2$$

Logo, iremos colocar 4 varões  $\phi$  16 em cada pilarete.

#### 4.2.1.4 - Dimensionamento do Lintel de Betão

- **Lintel com (0,20 x 0,15) m<sup>2</sup>**

Iremos considerar o lintel a funcionar à flexão com o painel apoiado sobre o lintel e com 2,00 m de altura.

Assim teremos:

$$P = 3,3 \text{ kN/m}$$

$$P_p \text{ lintel} = 0,75 \text{ kN/m}$$

$$P \text{ total} = 4,05 \text{ kN/m}$$

$$M_{sd} (\text{meio vão}) = 6,84 \text{ kNm}$$

$$V_{sd} (\text{apoio}) = 9,11 \text{ kN}$$

Armadura longitudinal do lintel:  $A_s = 1,55 \text{ cm}^2$

% Mínima de Armadura:  $A_{s, \text{min.}} = 0,45 \text{ cm}^2$

$$V_{sd} = 9,11 \text{ kN}$$

$$V_{cd} = 19,50 \text{ kN}$$

$$V_{sd} < V_{cd}; (A_{sw/s})_{\text{min.}} = 1,50 \text{ cm}^2/\text{m}$$

#### 4.2.1.5 - Fundações

Vamos considerar uma sapata isolada com as seguintes dimensões que terá como função apoiar os “pilaretes” espaçados de 3,00 m.

$$A = 1,00 \text{ m}; B = 0,80 \text{ m}; h = 0,50 \text{ m}$$

Para o cálculo da fundação iremos considerar os esforços não majurados.

$$pp \text{ (sapata)} = 10,00 \text{ kN/m}$$

$$pp \text{ (terras)} = 2,00 \text{ kN/m}$$

$$\text{Reacção painel} = 11,0 \text{ kN}$$

$$N \text{ máx} = 23 \text{ kN}$$

$$M \text{ máx} = 6,48 \text{ kNm/m}$$

$$e = M / N ; e = 0,20 \text{ m} ; A / 6 = 0,20$$

$$\sigma \text{ máx.} = 53,00 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma \text{ máx.} = 0 \text{ kN/m}^2$$

### **Armaduras:**

Usando o método das consolas tem-se:

$$Msd = 14,31 \text{ kNm/m}; A_s, \text{ min.}$$

Por razões de ordem construtiva adopta-se (  $\phi 10 // 0,15 \text{ m}$  )

## **4.2.2 - Dimensionamento da Barreira formada por Painéis Acrílicos com 2,00 m de altura.**

### **4.2.2.1 - Dimensionamento dos perfis metálicos dos montantes:**

#### **4.2.2.1.1 - Perfil IPE 140**

Procede-se ao dimensionamento de um montante metálico para apoio dos painéis com 2,00 m de altura, de modo a proceder à fixação dos painéis acrílicos sobre o viaduto.

- **o perfil em consola a partir do viaduto e com 2,00 m de altura.**

$$F_w = 3,24 \text{ kN/m}$$

$$Msd \text{ (apoio)} = 9,72 \text{ kNm} = 972 \text{ kNcm}$$

$$Vsd = 9,72 \text{ kN}$$

$$\sigma_n = 12,5 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau = 1,55 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma \text{ comp.} = 12,785 \text{ kN/cm}^2 \ll \sigma \text{ seg (FE360} = 23,5 \text{ kN/cm}^2)$$

#### 4.2.2.1.2 - Ligações

Vamos considerar os esforços aplicados na base do perfil metálico:

$$M_{sd} = 9,72 \text{ kNm}$$

$$V_{sd} = 9,72 \text{ kN}$$

$$N \text{ (tracção)/bucha} = 20,25 \text{ kN}$$

$$V \text{ (corte)/bucha} = 2,43 \text{ kN}$$

Considerando que a obra onde o montante vai ser fixado é constituída por um betão da classe C20/25 teremos (ver tabela anexa), para bucha do tipo Hilti HSL M16, temos uma tensão máxima de 21 kN.

Assim:

$$N(\text{tracção}) = 20,25 \text{ kN} < 21,00 \text{ kN.}$$

## **III - ANEXOS**

**ANEXO I – TABELAS DE RESULTADOS DAS BARREIRAS ACÚSTICAS**

### BARREIRA ACÚSTICA 1 - Lado Norte

Dre	alfa	Ce	Cb	Cr	He	Hr	Dbe	Deb	Dbr	Der	Asup	Asup_dir	Asup_Altura	Asup_TOTAL	Leq_pre.	Leq_pre_T	Leq_corr.	Leq_c_T	sinal	N	Ab.i	Leq_d	Hb	Leq_d_Total
98,3	0	162,0	162,0	135,2	0,8	1,5	1,5	1,5	96,8	101,7	0,0	0,000	0,001	0,001	55,5	61,5	55,5	55,5	1,0	0,5	9,2	46,3	1,00	48,7
102,0	0	162,0	162,0	135,2	0,8	1,5	8,5	8,5	93,5	105,3	0,0	0,000	0,001	0,001	55,5				1,0	1,4	13,4	42,1	1,00	
108,4	0	162,0	162,0	135,2	0,8	1,5	15,5	15,5	92,9	111,4	0,0	0,000	0,001	0,001	55,5				1,0	2,2	15,5	40,0	1,00	
112,1	0	162,0	162,0	135,2	0,8	1,5	22,5	22,5	89,6	115,1	0,0	0,000	0,001	0,001	55,5				1,0	4,4	18,4	37,1	2,00	

Dre	alfa	Ce	Cb	Cr	He	Hr	Dbe	Deb	Dbr	Der	Asup	Asup_dir	Asup_Altura	Asup_TOTAL	Leq_pre.	Leq_pre_T	Leq_corr.	Leq_c_T	sinal	N	Ab.i	Leq_d	Hb	Leq_d_Total
33,3	0	156,6	156,6	154,0	0,8	1,5	1,5	1,5	31,8	33,3	0,0	0,000	0,007	0,007	58,0	64,0	58,0	58,0	1,0	2,0	15,0	43,0	2,00	52,4
37,0	0	156,6	156,6	154,0	0,8	1,5	8,5	8,5	28,5	37,1	0,0	0,000	0,005	0,005	58,0				1,0	0,8	11,2	46,8	2,00	
43,4	0	156,6	156,6	154,0	0,8	1,5	15,5	15,5	27,9	43,4	0,0	0,000	0,004	0,004	58,0				1,0	0,7	10,7	47,3	2,00	
47,1	0	156,6	156,6	154,0	0,8	1,5	22,5	22,5	24,6	47,1	0,0	0,000	0,003	0,003	58,0				1,0	0,7	10,9	47,1	2,00	

Dre	alfa	Ce	Cb	Cr	He	Hr	Dbe	Deb	Dbr	Der	Asup	Asup_dir	Asup_Altura	Asup_TOTAL	Leq_pre.	Leq_pre_T	Leq_corr.	Leq_c_T	sinal	N	Ab.i	Leq_d	Hb	Leq_d_Total
23,3	0	146,8	146,8	141,0	0,8	1,5	1,5	1,5	21,8	23,8	0,0	0,000	0,014	0,014	60,0	66,0	60,0	60,0	1,0	3,0	16,8	43,2	2,00	49,2
27,0	0	146,8	146,8	141,0	0,8	1,5	8,5	8,5	18,5	27,5	0,0	0,000	0,010	0,010	60,0				1,0	2,6	16,1	43,9	2,00	
33,4	0	146,8	146,8	141,0	0,8	1,5	15,5	15,5	17,9	33,7	0,0	0,000	0,007	0,007	60,0				1,0	3,0	16,7	43,3	2,00	
37,1	0	146,8	146,8	141,0	0,8	1,5	22,5	22,5	14,6	37,4	0,0	0,000	0,005	0,005	60,0				1,0	3,9	17,9	42,1	2,00	

### BARREIRA ACÚSTICA 2 - Lado Sul

Dre	alfa	Ce	Cb	Cr	He	Hr	Dbe	Deb	Dbr	Der	Asup	Asup_dir	Asup_Altura	Asup_TOTAL	Leq_pre.	Leq_pre_T	Leq_corr.	Leq_c_T	sinal	N	Ab.i	Leq_d	Hb	Leq_d_Total
63,3	0	145,9	145,9	141,0	0,8	1,5	1,5	1,5	61,8	63,4	0,0	0,000	0,002	0,002	60,0	66,0	60,0	60,0	1,0	2,1	15,2	44,8	2,00	54,3
67,0	0	145,9	145,9	141,0	0,8	1,5	8,5	8,5	58,5	67,1	0,0	0,000	0,002	0,002	60,0				1,0	0,8	11,3	48,7	2,00	
73,4	0	145,9	145,9	141,0	0,8	1,5	15,5	15,5	57,9	73,5	0,0	0,000	0,001	0,001	60,0				1,0	0,7	10,8	49,2	2,00	
77,1	0	145,9	145,9	141,0	0,8	1,5	22,5	22,5	54,6	77,2	0,0	0,000	0,001	0,001	60,0				1,0	0,7	10,9	49,1	2,00	

Dre	alfa	Ce	Cb	Cr	He	Hr	Dbe	Deb	Dbr	Der	Asup	Asup_dir	Asup_Altura	Asup_TOTAL	Leq_pre.	Leq_pre_T	Leq_corr.	Leq_c_T	sinal	N	Ab.i	Leq_d	Hb	Leq_d_Total
123,3	0	148,0	148,0	145,0	0,8	1,5	1,5	1,5	121,8	123,3	0,0	0,000	0,000	0,000	60,0	66,0	55,0	60,0	1,0	1,8	14,6	40,4	2,00	51,9
127,0	0	148,0	148,0	145,0	0,8	1,5	8,5	8,5	118,5	127,0	0,0	0,000	0,000	0,000	60,0				1,0	0,5	9,2	45,8	2,00	
133,4	0	148,0	148,0	145,0	0,8	1,5	15,5	15,5	117,9	133,4	0,0	0,000	0,000	0,000	60,0				1,0	0,3	8,0	47,0	2,00	
137,1	0	148,0	148,0	145,0	0,8	1,5	22,5	22,5	114,6	137,1	0,0	0,000	0,000	0,000	60,0				1,0	0,3	7,5	47,5	2,00	

### BARREIRA ACÚSTICA 3 - Lado Sul

Dre	alfa	Ce	Cb	Cr	He	Hr	Dbe	Deb	Dbr	Der	Asup	Asup_dir	Asup_Altura	Asup_TOTAL	Leq_pre.	Leq_pre_T	Leq_corr.	Leq_c_T	sinal	N	Ab.i	Leq_d	Hb	Leq_d_Total
33,3	0	153,6	153,6	151,0	0,8	1,5	1,5	1,5	31,8	33,3	0,0	0,000	0,007	0,007	61,0	67,0	61,0	61,0	1,0	2,1	15,1	45,9	2,00	55,0
37,0	0	153,6	153,6	151,0	0,8	1,5	8,5	8,5	28,5	37,0	0,0	0,000	0,005	0,005	61,0				1,0	0,8	11,2	49,8	2,00	
43,4	0	153,6	153,6	151,0	0,8	1,5	15,5	15,5	27,9	43,4	0,0	0,000	0,004	0,004	61,0				1,0	0,7	10,7	50,3	2,00	
47,1	0	153,6	153,6	151,0	0,8	1,5	22,5	22,5	24,6	47,1	0,0	0,000	0,003	0,003	61,0				1,0	0,7	10,9	50,1	2,00	

**ANEXO II – PARTE DESENHADA**