

1. METODOLOGIA MULTICRITÉRIO PARA DETERMINAÇÃO DE ÍNDICE DE CONFORTO GLOBAL EM INSTALAÇÕES DESPORTIVAS

Este documento serve como informação para o leitor entender como foi criado o Índice de Conforto Global de modo a poder caracterizar as instalações desportivas. A elaboração deste documento teve como base a tese de doutoramento “Conforto e Qualidade Ambiental na utilização de Parques Desportivos Escolares” de 2012, que pode ser consultada neste site.

1.1. INTRODUÇÃO

As instalações desportivas devem proporcionar conforto aos utentes para que estes possam utilizar esses espaços e/ou aí realizar a sua atividade física de uma forma agradável e saudável, onde as condições físicas existentes para isso contribuam. E que ainda, pela sua qualidade ou outros atrativos construtivos e/ou funcionais, sejam um incentivo ao seu uso. É necessário dar a conhecer a gestores, professores e outros intervenientes neste tipo de instalações, as características ambientais do envolvimento natural (nos seus diversos aspetos e critérios), para que estes possam eliminar ou reduzir os problemas da instalação de forma a otimizar as suas aulas e a condição física dos seus utentes.

Como premissa de base, as instalações desportivas devem proporcionar adequadas condições em múltiplas áreas de conforto como de acústica, ventilação, temperatura, humidade, iluminação, insolação, pisos, acessibilidades, etc. Tudo isto deve ser obtido com um custo o mais ajustado possível. De igual modo, é também importante que se consiga que a estética final da instalação se torne agradável, mas onde deverá sempre prevalecer a funcionalidade e o conforto global.

Se na conceção destas instalações desportivas se tiver em conta todos os fatores importantes relativos a esses parâmetros (todos os “critérios”), problemas como deterioração rápida de material, aumento dos consumos

energéticos e problemas de saúde, poderão ser evitados ou minimizados e os custos de manutenção ou reabilitação, reduzidos.

Cada vez mais surge a necessidade de quantificar e estabelecer critérios que permitam avaliar se as pessoas estão realmente sujeitas a incomodidades e essencialmente, se mesmo sem se aperceberem podem estar a incorrer em riscos de lesões criando-se, assim, condições para solucionar e/ou prevenir essas situações.

Será assim útil ter uma ferramenta que conjugue todos os fatores e critérios mais importantes para se poder quantificar numericamente o “conforto” global de uma instalação.

O objetivo principal deste documento é definir um algoritmo multicritério para caracterizar um Índice de Conforto Global (ICG) em Instalações Desportivas, que analise e caracterize o comportamento acústico, higrotérmico, de iluminação, etc.,. Com esta análise multi-critério torna-se também possível e mais facilitada a avaliação de outras instalações desportivas ou até na análise de salas de uso diferente, como por exemplo salas de aula, tribunais, igrejas, etc.

Serão determinados os parâmetros mais importantes para a caracterização deste tipo de instalações, procedendo-se posteriormente à determinação de uma metodologia ou algoritmo de análise multicritério relativo ao conforto destes locais, onde os critérios são os referidos parâmetros.

1.2. MÉTODO MULTICRITÉRIO

1.2.1. DEFINIÇÃO

Segundo Vidal (2008) os problemas complexos de análise ou tomada de decisões são comuns numa infinidade de áreas, tanto públicas como privadas e desde sempre que o Homem os tenta resolver, apoiando-se em abstrações e raciocínios dedutivos, a fim de guiar e validar as suas escolhas. Para esta autora os métodos multicritério de apoio à decisão surgiram com o intuito de ajudar na resolução destes problemas complexos, que envolvem objetivos por vezes incompatíveis entre si. O seu objetivo é auxiliar a tomada de decisão

nestas situações, nas quais há a necessidade de identificação de prioridades sob a ótica de múltiplos critérios.

Loureiro (2008) refere que estes métodos surgiram em seguimento dos métodos de *Investigação Operacional*. A *Investigação Operacional* nasceu após a segunda Guerra Mundial, derivada da grande experiência obtida pelas Forças Aliadas sobre problemas logísticos militares. Desenvolveram-se métodos estritamente matemáticos para que se encontrasse a solução ótima de problemas tais como otimização de custos, gastos, lucros, etc. O método MultiCritério de apoio à decisão nasceu posteriormente (década de 1970), com o intuito de enfrentar situações específicas, nas quais um decisor, atuando racionalmente, deveria resolver um problema em que eram vários os objetivos a serem alcançados de forma simultânea. Este método está presente em variadíssimos ramos e em problemas cuja complexidade pode variar muito - pode ser aplicado tanto em problemas relativamente simples e localizados, como por exemplo na escolha da localização de um estabelecimento comercial, ou em projetos mais complexos, tais como a elaboração de um plano de despesas nacional ao nível da saúde, por exemplo. Apesar de muito diferentes, todos estes problemas têm em comum múltiplos e conflituosos objetivos, que na maioria dos casos acarretam a consequência de ter de se “perder” algo ao nível de um objetivo para se alcançar um ganho ao nível de outro.

O *Método MultiCritério (MMC)* tem um carácter científico e ao mesmo tempo um pouco subjetivo, possuindo a característica de conseguir englobar todas as características importantes ao problema, inclusive as não quantitativas, e permitindo sistematizar e transparecer o processo de resolução de problemas de decisão. A existência de uma estrutura de preferência, subjetiva, está implícita no método. A conceção da “melhor” solução ou da solução mais “equilibrada” depende muito desta estrutura de preferência, que por sua vez determina as regras de decisão.

Segundo Vidal (2008) o MMC é um método cujo objetivo é auxiliar a tomada de uma decisão em situações nas quais há a necessidade de identificação e conjugar prioridades sob a ótica de múltiplos critérios, o que ocorre normalmente quando coexistem objetivos múltiplos e divergentes.

Este método é usado muitas vezes, em cenários complexos, no entanto, é igualmente viável aplica-lo em problemas de decisão mais restritos e simples,

assim como, por exemplo, na escolha da localização ou das características de uma instalação desportiva.

A ideologia base do método multicritério resume-se ao seguinte: cada “*alternativa*” (cada instalação desportiva, neste caso) é avaliada pelos diferentes “*critérios*” (parâmetros de análise), sendo cada critério, uma medida de um “*objetivo*”. A partir deste ponto é atribuída à *alternativa* um valor final que irá servir como termo de comparação e avaliação entre as restantes *alternativas*.

Este método também pode ser usado (e sê-lo-á neste estudo) não para decidir mas para avaliar diferentes situações (*alternativas*) numa escala única.

Para perceber melhor este tipo de método, é útil fazer uma introdução e apresentação dos principais conceitos implicados nos problemas do tipo multicritério, de modo a facilitar a compreensão e familiarização com o problema.

1.2.2. CONCEITOS E CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS

Numa situação de decisão, existem: o *decisor*, *atributos* e *critérios*, *objetivos*, *alternativas* e *pesos*. É importante defini-los neste contexto de multicritério (Loureiro, 2008):

Decisor: indivíduo que modela o problema de decisão e que dita o juízo final acerca da solução em análise;

Atributos e critérios: Os atributos representam propriedades ou capacidades das *alternativas* para satisfazer determinadas necessidades, podendo ser representadas nas mais variadas unidades;

Os *critérios* definem os eixos de avaliação que direcionam a análise do problema, representando uma medida da eficácia do desempenho de cada alternativa, ou seja, permitem avaliar os níveis dos vários *objetivos*. Pode-se interpretar o conceito de *critério* como uma função relativa a um *atributo* que faz corresponder o conjunto de todos os pares ordenados de *alternativas*. Essa função deve ser tal que permita descrever o resultado da comparação entre duas alternativas a_i e a_j ($i \neq j$), segundo um *atributo* C_1 a partir da comparação de dois números reais $C_1(a_i)$ e $C_2(a_j)$.

Objetivos: É algo que se espera que seja concretizado. Um *objetivo* indica a direção de mudança desejada.

Alternativas: Uma *alternativa* é uma potencial solução do problema e designa-se por a , fazendo parte de um conjunto de escolha ou conjunto de *alternativas* A , que serão analisadas no problema. Nesta situação, uma *alternativa* será uma instalação desportiva específica e o conjunto A são todas as instalações estudadas (a amostra). *Pesos*: Alguns *critérios* têm mais importância do que outros, para o *decisor*. Os *pesos* (P) representam a medida da importância relativa que os *critérios* têm para o decisor.

1.2.3. MODELO GERAL DO PROBLEMA

Segundo Loureiro (2008), o modelo geral do problema pode ser explicado da seguinte forma:

Considere-se a ; uma *alternativa* viável e A o conjunto de todas as *alternativas* viáveis (neste estudo a é uma instalação desportiva e A a amostra total). A cada *alternativa* a_i de A são associados n índices de valor $C_1(a_i)$, $C_2(a_i)$, ..., $C_n(a_i)$, que correspondem aos desempenhos da *alternativa* a_i conforme os n atributos (os parâmetros de análise). Os n índices avaliadores relacionam a *alternativa* a_i de A com um ponto no espaço de consequências n -dimensional $C(a_i) = (C_1(a_i), C_2(a_i), \dots, C_n(a_i))$.

O problema do *decisor* consiste habitualmente em escolher uma *alternativa* a_i em A que melhor satisfaça relativamente aos resultados $C_1(a_i)$, $C_2(a_i)$, ..., $C_n(a_i)$. Desta forma, é necessário obter uma função que combine $C_1(a_i)$, $C_2(a_i)$, ..., $C_n(a_i)$ num parâmetro global de valor ou de análise. Portanto, deve ser definida uma função de valor escalar v sobre o espaço de consequências, com as seguintes propriedades:

$$v(C_1(a_i), C_2(a_i), \dots, C_n(a_i)) > v(C_1(a_j), C_2(a_j), \dots, C_n(a_j)) \Leftrightarrow v(a_i) > v(a_j) \Leftrightarrow a_i P a_j$$

$$v(C_1(a_i), C_2(a_i), \dots, C_n(a_i)) = v(C_1(a_j), C_2(a_j), \dots, C_n(a_j)) \Leftrightarrow v(a_i) = v(a_j) \Leftrightarrow a_i I a_j$$

Atende-se no facto de os valores dos desempenhos da *alternativa* a_i conforme os n atributos $C_1(a_i)$, $C_2(a_i)$, ..., $C_n(a_i)$ terem sido convertidos previamente, através de uma função de valor simples, em valores numa única escala

numérica. Isto porque, caso contrário, as magnitudes de cada atributo não poderiam ser comparadas pois carecia de sentido devido a estes mesmos atributos serem na maioria das vezes medidos em unidades diferentes.

1.2.4. PRINCIPAIS ETAPAS DO MÉTODO

Para Vidal (2008), as etapas que são essenciais para o desenvolvimento do método, são as seguintes:

a) Identificação de alternativas: São o motivo pelo qual surge o problema de decisão (ou de análise). Deve-se inicialmente eliminar a(s) alternativa(s) que não atinja(m) um nível pré-estabelecido em determinado atributo, de modo a simplificar o processo de decisão (ou de análise).

b) Identificação de objetivos: Deve-se ter em atenção os objetivos que são essenciais a atingir. Por vezes, os próprios objetivos estão na base do surgimento do problema de decisão, tratando-se nestes casos de dados pré-estabelecidos do problema.

c) Definição dos critérios relevantes para o problema de decisão: Os critérios podem ser estruturados numa hierarquia em forma de árvore onde o critério mais alto é decomposto em níveis mais detalhados de subcritérios.

d) Atribuição de uma função de valor a cada critério: Procura-se quantificar o valor de cada alternativa relativamente a cada critério, ou seja, encontrar uma função de valor que correlaciona os vários valores dos critérios com uma pontuação, de modo a que o desempenho de cada alternativa conforme cada critério possa ser mensurável numa escala numérica.

e) Atribuição de uma importância relativa a cada atributo, expressa sobre a forma de pesos: Consiste em atribuir pesos aos critérios, com o fim de mostrar a importância que cada um tem para o decisor. Estes pesos determinam a importância de cada critério.

f) Determinação do valor de cada alternativa: Nesta fase aplica-se uma função avaliadora a todas as alternativas, que por sua vez é a função dos pesos dos critérios assim como das respectivas funções de valor, e determina-se o valor que cada alternativa obteve. Esta função avaliadora trata-se de uma função de valor linear aditiva, que avalia o desempenho de cada alternativa $v(a_i)$, da seguinte forma:

$$v(a_i) = \sum_{j=1}^n P_j [C_j(a_i)]$$

Em que $C_j(a_i)$ representa o desempenho da alternativa a_i conforme o j -ésimo critério, e P_j (com $P_j > 0$) representa o peso do j -ésimo critério. Como é óbvio, os pesos são percentagens e como tal, o somatório de todos eles tem que ser sempre igual à unidade.

g) Escolha da alternativa com o melhor resultado: Finalmente escolhe-se (e implementa-se) a alternativa que obteve o melhor resultado, ou seja, o máximo valor de v (ou ordenam-se as alternativas em análise). Este método pode servir para classificar e ordenar numa escala as diversas alternativas (a_i).

A condição essencial para que este seja um método válido é que tanto os objetivos como os critérios sejam independentes uns dos outros o máximo possível, assim como devem incluir o máximo de problemas importantes envolvidos.

Após a identificação de alternativas, objetivos e definição de critérios relevantes para o problema, é atribuída uma função de valor a estes últimos, que exprime as preferências do decisor relativamente aos valores de cada critério e, de modo que possam ser mensuráveis numa escala. É também necessário atribuir pesos aos critérios, a fim de mostrar a importância que cada critério tem para o decisor (este é o ponto em que intervém alguma subjetividade no método).

Por fim, atribui-se uma função de valor linear aditiva, que avalia o desempenho de cada alternativa conforme os múltiplos critérios, sendo escolhida a alternativa que apresentou o melhor resultado, ou seja, o máximo valor.

Nos problemas do *MMC* é praticamente impossível existir uma alternativa para a qual todos os objetivos atinjam, ao mesmo tempo, o seu valor óptimo (caso

contrário, não fazia sentido aplicar o *MMC*). Por outro lado, em razão do maior ou menor conflito entre os objetivos, é comum que uma solução seja melhor que outras em alguns dos objetivos, ao mesmo tempo que, para os demais objetivos, essa mesma solução seja superada por outras.

1.2.5. MULTICRITÉRIO COMO MÉTODO DE ANÁLISE E COMPARAÇÃO DOS PARÂMETROS DE CONFORTO AMBIENTAL EM INTALAÇÕES DESPORTIVAS

1.2.5.1. FORMULAÇÃO

Explicada a teoria do método multicritério, torna-se fácil entender o modo como este algoritmo poderá ser testado como um meio avaliador do conforto global num conjunto finito de instalações desportivas.

De facto, a formulação do algoritmo passará por:

- definir os critérios de decisão (parâmetros mais relevantes: acústicos, higrotérmicos, de iluminação, etc.);
- definir a função de valor e importância de cada critério (acústico, higrotérmico, de iluminação, etc.);
- formalizar o algoritmo multicritério propriamente dito;
- aplicá-lo à amostra em teste;
- e finalmente tirar conclusões acerca do desempenho de cada alternativa (cada instalação desportiva) ao nível do conforto global.

Em primeiro lugar, são analisados um conjunto de valores de parâmetros acústicos, higrotérmicos e de iluminação relativos à amostra (níveis sonoros com e sem ocupação, *TR* (Tempo de Reverberação), *RASTI* (*Rapid Speech Transmission Index*) e os índices de isolamento sonoro a ruídos de condução aérea $D_{nT,w}$ (de elementos interiores) (da parede que separa a instalação do átrio de entrada, e da parede que separa a mesma instalação e outras salas contíguas) e $D_{2m,nT,w}$ (da envolvente exterior). Serão ainda incluídos os conjuntos de valores dos parâmetros higrotérmicos (ventilação, temperatura e humidade relativa), de iluminação (iluminação natural e artificial), pisos e acessibilidades.

Estes parâmetros representam os “critérios” do problema. Irá ser feita uma normalização dos valores reais destes parâmetros para uma escala de 0-20 valores (20 para os valores ideais considerados para uma instalação e 0 para valores extremos inaceitáveis), isto com o objetivo de medir o desempenho de cada instalação segundo cada critério, usando a mesma escala para os diferentes critérios. O objetivo é pois, a maximização do conforto global das Instalações Desportivas.

Os parâmetros utilizados tiveram como critério de seleção as escolhas feitas em estudos já previamente realizados e em estudos sociais aplicados.

Será de seguida realizada uma caracterização de cada parâmetro a utilizar no MMC.

1.2.5.2. ACÚSTICA

As características acústicas desejáveis numa instalação desportiva são as seguintes:

- Reduzir qualquer ruído, seja interno ou externo, até níveis que não interfiram na atividade física e/ou na compreensão da palavra.

- A forma e geometria das instalações desportivas deverão ter características tais que:

- a) Proporcionem uma difusão sonora adequada na instalação desportiva;

- b) Forcem o som a chegar aos professores, alunos e utentes, especialmente os mais afastados;

- c) Contribuam para uma boa relação entre som direto/som refletido para todos os utilizadores;

- A curva do tempo de reverberação em função da frequência deverá aproximar-se das características ideais.

- Deverá proporcionar-se o reforço necessário da palavra, de tal forma que o nível de intensidade sonora em todas as partes da instalação seja o adequado.

Assim, relativamente aos parâmetros acústicos, são incluídos no MMC os seguintes:

- Nível de ruído emitido dentro de cada espaço desportivo, durante a ocupação, através da avaliação dos níveis sonoros contínuos equivalente (L_{Aeq});

- Nível de ruído emitido dentro de cada instalação desportiva, sem ocupação (ruído de fundo ou residual), através da avaliação dos níveis sonoros contínuos equivalente ($L_{Aeq_{rf}}$);
- Tempo de reverberação: dá uma ideia do tempo que o som permanece nesse espaço após a fonte sonora ter cessado de emitir;
- *RASTI (Rapid Speech Transmission Index)* é correlacionável com a maior ou menor facilidade em entender corretamente a palavra (inteligibilidade da palavra). A inteligibilidade da palavra objetiva é medida através do parâmetro *RASTI* que varia entre 0 (inteligibilidade nula) e 1 (ótima inteligibilidade).
- Isolamento sonoro entre locais: ruídos intrusos que possam existir.

O nível de ruído foi avaliado em horário com maior ocupação em diversas posições, através de um sonómetro. O ruído de fundo ou residual foi avaliado sem ocupação. O tempo de reverberação e a inteligibilidade da palavra foram avaliados sem ocupação do espaço, em diversas posições, o tempo de reverberação através de um sonómetro e a inteligibilidade da palavra com o *RASTI*. O isolamento sonoro entre locais não foi medido.

1.2.5.3. HIGROTÉRMICA

Relativamente à temperatura e humidade relativa, numa primeira fase, estas foram avaliadas no exterior. No interior, estes parâmetros foram obtidos em dois momentos de avaliação, com os espaços vazios e depois com os espaços ocupados.

Estes parâmetros foram avaliados em horário com maior ocupação, em posições distintas, através de um aparelho multifunção apetrechado com uma sonda térmica.

1.2.5.4. VENTILAÇÃO

É importante saber os problemas que possam existir com a qualidade do ar interior e os seus efeitos na saúde dos utentes, principalmente no que diz respeito ao ar que se respira durante o exercício físico, em instituições que se destinam a promover bem-estar físico, conforto e qualidade de vida.

É necessário contar com uma suficiente introdução de ar novo para o interior e um sistema de ventilação que o distribua por toda a instalação desportiva, um

controlo rigoroso dos níveis de poluentes interiores e bons níveis de temperatura e humidade relativa.

Para isso recorreu-se a um aparelho multifunção com anemómetro e realizou-se um momento de avaliação em posições diferentes.

1.2.5.5. INSOLAÇÃO E ILUMINAÇÃO

As Instalações Desportivas devem dispor de boas condições de iluminação natural e artificial de modo a evitar a fadiga visual dos seus utilizadores, originada quer pela inadequação do nível de iluminação, quer por ultrapassagem dos níveis máximos de tolerância visual e por contrastes de luminosidade que gerem encadeamento, quer ainda pela instabilidade e má qualidade de luz. Para se poder definir corretamente o tipo de iluminação adequada a cada instalação desportiva é necessário tipificar segundo a orientação e distribuição interior da instalação.

Relativamente à iluminação os valores obtidos foram avaliados através de um luxímetro, em posições diferentes.

1.2.5.6. Pisos

O tipo de pavimento é outro dos aspetos importantes em qualquer instalação desportiva, devendo satisfazer exigências desportivas, de ordem médica, psicológica e económica. Este deve cumprir o máximo de exigências indispensáveis para conseguir um pavimento apropriado para a atividade desportiva do ponto de vista funcional.

Na perspetiva do dono-de-obra este deve ser um pavimento estético, estável e duradouro, que resista às cargas estáticas e dinâmicas. O responsável pela construção espera que o pavimento esteja apto para o desporto, mas que seja económico, sem necessidade de reparações e com poucos gastos de manutenção e de limpeza.

Mas neste tipo de instalações o pavimento deve atender a possibilidades de utilização desportiva e exigir entre outras coisas: elasticidade e segurança do piso, segurança no deslize, boas propriedades de recuperação elástica, pouca propagação de ruído, pouca reflexão da luz, segurança contra acidentes e que

quando se salte ou corra, o piso absorva parte da energia dos membros sobrecarregados e diminua o risco de lesões.

No que diz respeito à análise concreta e objetiva do piso esta não foi realizada. Foi feita só a observação direta do tipo de piso, registada em ficha de observação.

1.2.5.7. ACESSIBILIDADES

O objetivo da análise deste parâmetro é verificar se é facilitado às pessoas com deficiência o acesso à utilização do meio edificado, incluindo espaços exteriores promovendo a eliminação de barreiras arquitetónicas em instalações desportivas e proporcionar ainda instalações sanitárias adequadas a pessoas com deficiência.

Esta análise não foi extensivamente realizada. A informação foi obtida através de inquéritos realizados a professores de Educação Física onde se verificou se a instalação desportiva está preparada para pessoas com mobilidade condicionada ou com dificuldades sensoriais e se tem barreiras arquitetónicas e instalações sanitárias.

1.2.6. CONSIDERAÇÕES NA APLICAÇÃO DO MÉTODO MULTICRITÉRIO

1.2.6.1. PREÂMBULO

As funções de valor para cada critério foram atribuídas fazendo corresponder a cada valor ou intervalo de valores uma determinada pontuação (cotações normalizadas, representadas por $_N$), numa escala de 0-20 valores para que ao valor ótimo destes parâmetros corresponda a nota de 20 valores, assim como para valores menos bons correspondem notas inferiores. O trabalho anterior realizado, “Parâmetros de qualidade e conforto ambiental em Centros de Condição Física” (Barreira, 2003); os valores reais obtidos nas avaliações efetuadas para cada parâmetro, nos cinquenta parques desportivos escolares; neste estudo; a legislação inerente a cada parâmetro e o estudo social aplicado serviram como referência na atribuição das funções de valor a cada critério (Barreira, 2012).

Nos quadros seguintes são apresentadas as funções de valor e as cotações normalizadas (para um mesmo referencial padrão de 0 a 20) que vão permitir classificar cada parâmetro na instalação desportiva, essas cotações serão representadas por $_N$.

1.2.6.2. ACÚSTICA (PESO = 20%)

Considera-se a Acústica uma das áreas importantes a considerar como fator de incomodidade na qualidade e conforto ambiental nas Instalações Desportivas. Sendo assim, o objetivo geral do estudo da acústica nestas instalações será o de reduzir e limitar os ruídos que possam de alguma forma perturbar a prática desportiva. Neste trabalho este critério terá um peso de 20%. Este peso foi atribuído com base na análise do estudo social aplicado aos professores de Educação Física, pois 44% considerou este parâmetro como o mais importante para se atingir um conforto global numa instalação desportiva.

Este parâmetro é subdividido em seis subcritérios, a saber:

- nível sonoro equivalente L_{Aeq} em contexto de aula;
- ruído de fundo (L_{Aeq_rf});
- tempo de reverberação (TR);
- RASTI (*Rapid Speech Transmission Index*);
- e os índices de isolamento sonoro a ruídos de condução aérea entre locais ($D_{nT,w}(interior)$) e isolamento sonoros entre locais e o exterior ($D_{2m,nT,w}$).

As funções de valor para cada critério foram atribuídas fazendo corresponder a cada valor (ou intervalo de valores) uma determinada pontuação, numa escala de 0-20 valores tal que, ao valor ótimo destes parâmetros corresponde a nota de 20 valores e a valores menos bons correspondem notas inferiores. Serviram como referências na atribuição das funções de valor a cada critério, as condições acústicas ideais de uma instalação desportiva destinada à atividade física e à palavra, assim como certas condições inaceitáveis para estas mesmas instalações, recomendações existentes em trabalho anterior (Barreira, 2003 e 2012) e nos mínimos regulamentares.

Assim, para cada parâmetro acústico segue-se a explicação detalhada relativa à escolha das pontuações normalizadas.

1.2.6.2.1. NÍVEL SONORO EQUIVALENTE L_{Aeq} COM OCUPAÇÃO (SUB-PESO = 40%)

No que diz respeito ao nível sonoro equivalente L_{Aeq} com ocupação, os valores apresentados no Quadro 1.1 e o sub-peso atribuído ao nível sonoro equivalente (40%), foram selecionados tendo como base os valores adquiridos em estudos já realizados (Barreira, 2003 e 2012), em recomendações existentes na pesquisa bibliográfica efetuada e principalmente no Decreto-Lei 182/06 (referente à proteção dos trabalhadores face ao ruído) e nas recomendações do Regime Geral do Ruído (RGR).

Relativamente ao critério nível sonoro equivalente L_{Aeq} com ocupação (que será representado por AcL), atribuíram-se as pontuações patentes no **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, sendo o valor menor ou igual a 74 dB aquele que tem a melhor cotação (20 valores). Esta consideração está de acordo com o estipulado no Decreto-Lei 182/06, quando refere que um trabalhador não deve estar exposto a mais de 80 dB(A) em 8 horas diárias de trabalho (nível de ação inferior). Quanto mais alto o seu valor na escala mais elevado é o ruído nas instalações desportivas.

Quadro 1.1– Correspondência função de valor para o critério Nível Sonoro Equivalente (L_{Aeq}) e suas correspondentes cotações normalizadas ACL (_N).

L_{Aeq} (dB)	L_{Aeq} _N (AcL)
≤ 74	20
[75 – 77[	19
[78 – 80[	18
[81 – 83[	17
[84 – 86[	16
[86 – 88[	14
[88 – 90[	12
[90 – 92[	9
[92 – 94[	8
[94 – 96[	6
[96 – 98[	4
[98 – 100[	2
≥ 100	0

1.2.6.2.2. NÍVEL SONORO EQUIVALENTE L_{Aeq} SEM OCUPAÇÃO (RUÍDO DE FUNDO) (SUB-PESO = 10%)

Relativamente ao ruído de fundo considera-se toda aquela perturbação sonora que se percebe na instalação desportiva mesmo estando esta sem nenhuma atividade. Este ruído pode advir de instalações elétricas e/ou hidráulicas ou do exterior do recinto (por exemplo, o ruído do tráfego, ruído proveniente dos alunos em recreio, pássaros, etc.).

Esta elaboração de funções de valor e o sub-peso atribuído (10%) ao nível sonoro equivalente L_{Aeq} sem ocupação (rf) (que será representado por AcLrf) é baseada nos valores obtidos nas avaliações realizadas neste estudo e recomendações referidas na bibliografia consultada. Por exemplo, Antoni Isbert (1998) refere no seu livro de desenho acústico de espaços arquitetónicos, um intervalo estipulado de 40-50 dB para as curvas de incomodidade para polidesportivos. Sendo assim, relativamente ao critério nível sonoro equivalente L_{Aeq} sem ocupação (rf), atribuiu-se a melhor cotação (20 valores) ao valor menor ou igual a 40 dB como se verifica no Quadro 1.2.

Quanto mais alto o seu valor na escala, mais elevado é o ruído nas instalações desportivas.

Quadro 1.2 – Correspondência entre função de valor para o critério Nível Sonoro Equivalente L_{Aeq} - ruído de fundo e suas correspondentes cotações normalizadas (AcLrf) ($_N$).

L_{Aeq_rf} (dB)	$L_{Aeq_rf_N}$ (AcLrf)
≤ 40	20
[40 – 42[	18
[42 – 44[	16
[44 – 46[	14
[46 – 48[	12
[48 – 50[	10
[50 – 55[	8
[55 – 60[	6
[60 – 65[	4
[65 – 70[	2
≥ 70	0

1.2.6.2.3. TEMPO DE REVERBERAÇÃO (MÉDIA ARITMÉTICA DOS VALORES OBTIDOS NOS 500, 1K E 2K HZ) (s)

No que concerne ao tempo de reverberação (o tempo que o ruído demora a decair no espaço desportivo. Segundo a bibliografia consultada, um dos requisitos básicos para conseguir um bom conforto acústico e uma correta inteligibilidade da palavra é conseguir que o tempo de reverberação seja baixo e adequado. Como estas instalações são providas de grandes volumes e carecem de materiais absorventes, o tempo de reverberação é habitualmente elevado. É devido a este parâmetro se considerar de grande importância que se atribui um peso de 30%.

Os valores apresentados no Quadro 1.3 foram selecionados tendo como base os valores adquiridos em estudos já realizados (Pinto, 2002), no estudo presente, em recomendações da bibliografia consultada e no Regulamento de Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE, 2008) onde este regulamento refere que $TR \leq 0,15 V^{1/3}$ (com Incerteza de +25%).

Assim e relativamente ao critério TR atribuíram-se as pontuações patentes no Quadro 1.3, sendo o intervalo de [1,0 - 1,5] (s) aquele que tem a melhor cotação (20 valores). Esta consideração está ainda de acordo com o que o autor Isbert (1998) recomenda, um intervalo de $1 \leq TR \leq 3$ s para recintos de uso desportivo com volumes entre 1.000 e 100.000 m³.

Quanto mais alto o seu valor na escala, mais tempo demora o ruído a decair nas instalações desportivas.

Quadro 1.3 – Correspondência entre função de valor para o critério Tempo de Reverberação (TR) e suas correspondentes cotações normalizadas (AcTR) (_N).

TR (s) (média 500, 1k e 2k Hz)	TR_N (AcTR)
[0 -0,5[	16
[0,5-1,0[	18
[1,0-1,5[	20
[1,5-2,0[	18
[2,0-3,0[	14
[3,0-4,0[	8
[4,0-5,0[	5
≥ 5,0	0

1.2.6.2.4.RASTI (RAPID SPEECH TRANSMISSION INDEX) (SUB-PESO = 10%)

Relativamente aos valores de RASTI estes são correlacionáveis com a inteligibilidade da palavra. O grau de inteligibilidade da palavra que se obtém num ponto qualquer da instalação desportiva depende do cumprimento dos requisitos acústicos dos parâmetros citados anteriormente.

Portanto, neste tipo de instalações desportivas, a inteligibilidade da palavra em todos os pontos do recinto deverá ser como mínimo aceitável para o parâmetro de $RASTI \geq 0,45$, atribuindo-se a cotação de 20 valores ao intervalo [0,90; 1,00] com um sub-peso de 10%.

No Quadro 1.4 estão ainda representados os valores do RASTI visando os valores obtidos pelas avaliações efetuadas no estudo presente nos PDE, na tabela de conversão do RASTI e nas recomendações de Isbert (1998) de um $RASTI \geq 0,50$. Quanto mais baixo o seu valor de RASTI na escala, pior é a inteligibilidade da palavra nas instalações desportivas.

Quadro 1.4 – Correspondência entre função de valor para o parâmetro RASTI (Inteligibilidade da palavra) e suas correspondentes cotações normalizadas (AcRASTI) (_N).

RASTI	RASTI _N (AcRASTI)
[0,00 – 0,10[	0
[0,10 – 0,20[	1
[0,20 – 0,30[	5
[0,30 – 0,45[	8
[0,45 – 0,50[	10
[0,50 – 0,60[	14
[0,60 – 0,70[	17
[0,70 – 0,80[	18
[0,80 – 0,90[	19
[0,90 – 1,00[	20

1.2.6.2.5. ISOLAMENTO SONORO ENTRE LOCAIS INTERIORES ($D_{nT,w}$) (SUB-PESO = 5%)

No caso do parâmetro $D_{nT,w}$ este representa o isolamento sonoro a ruídos aéreos padronizado entre compartimentos interiores. Quanto mais baixo o seu valor na escala, pior é o seu grau de isolamento sonoro entre espaços contíguos.

Este parâmetro $D_{nT,w}$ vai ser representado por AcISint e tem um sub-peso de 5%. A atribuição das pontuações foi condicionada, essencialmente, pelos

limites regulamentares em vigor no RRAE (2008) referentes aos “ginásios”, que é de valores iguais ou superiores a 50 dB ao qual foi atribuída a pontuação máxima de 20 valores, como se pode verificar no Quadro 1.5.

Quadro 1.5 – Correspondência entre função de valor para o critério Isolamento Sonoro entre locais interiores (AcISint) e suas correspondentes cotações normalizadas (_N).

AcISint (dB)	AcISint _N
≥ 50	20
[48 – 50[	19
[46 – 48[	18
[44 – 46[	16
[42 – 44[	14
[40 – 42[	12
[38 – 40[	10
[36 – 38[	8
[34 – 36[	6
[32 – 34[	4
[30 – 33[	2
<30	0

1.2.6.2.6. ISOLAMENTO SONORO ENTRE LOCAIS E O EXTERIOR ($D_{2m,nT,w}$) (SUB-PESO = 5%)

O $D_{2m,nT,w}$ representa o isolamento sonoro a ruídos aéreos, padronizado para separações com o exterior (por exemplo, fachadas ou empenas). No caso do parâmetro $D_{2m,nT,w}$ que vai ser representado por AcISext com um sub-peso de 5%. Quanto mais alto o seu valor na escala, melhor é o seu grau de isolamento sonoro entre espaços contíguos. Os valores apresentados no Quadro 1.6 foram selecionados, tendo como base os valores adquiridos em estudos já realizados (Barreira, 2003 e 2012).

No caso do parâmetro AcISext a atribuição da pontuação dos valores foi atribuída tendo também como base o disposto no RRAE (2008). Assim, para edifícios escolares, o RRAE estipula que em zonas sensíveis o valor de $D_{2m,nT,w}$ deve ser maior ou igual a 28 dB e, em zonas mistas este valor deve ser maior ou igual a 33dB. Posto isto atribui-se aos valores de 28 e 33 dB a cotação de

10 e 14 valores, respetivamente, e ao valor maior ou igual a 40 dB a cotação máxima de 20 valores.

Quadro 1.6 – Correspondência entre a função de valor para o critério Isolamento Sonoro entre locais exteriores (AcISext) e suas correspondentes cotações normalizadas (_N).

AcISext (dB)	AcISext _N
≥ 40	20
[38 – 40[	19
[36 – 38[	18
[34 – 36[	16
[32 – 34[	14
[30 – 32[	12
[28 – 30[	10
[26 – 28[	8
[24 – 26[	6
[22 – 24[	4
[20 – 22[	2
< 20	0

1.2.6.2.7. EXPRESSÃO GLOBAL PARA O CRITÉRIO ACÚSTICA

Quando se faz a avaliação de cada *critério* (parâmetro) obtém-se um valor de desempenho, que depois é convertido num valor normalizado (_N) através das tabelas referentes a esse mesmo *critério* (parâmetro). Esse valor é depois multiplicado pelo *peso* (P) atribuído ao respetivo critério.

Os *pesos* (P) foram atribuídos com base em pressupostos subjetivos, devido ao facto de não existirem estudos conhecidos que demonstrem a maior ou menor importância que os utentes atribuem a cada parâmetro, a não ser o questionário aplicado neste estudo. Os dados concretos foram adquiridos através do estudo social realizado (no âmbito deste trabalho) aos professores de Educação Física, que indica que 44% atribui maior importância ao parâmetro Acústica para se conseguir conforto nas instalações desportivas. Usando algum bom senso e sabendo que para se adquirir um bom conforto acústico é necessário ter níveis de ruído e de tempo de reverberação baixos, considerou-se assim, que se deveria dar uma importância relativamente maior a estes dois critérios (L_{Aeq} e TR). Os *pesos* (P) foram então distribuídos do seguinte modo: 40% para o ruído nas aulas (L_{Aeq}), 30% para o tempo de

reverberação e 10% para o ruído de fundo ($L_{Aeq\ r\bar{f}}$), para a inteligibilidade da palavra e para o isolamento sonoro, como se pode observar nas expressões seguintes:

$$Ac = \sum_{i=1}^6 P_i x Ac_i$$

$$\mathbf{Ac = 0,4*AcL + 0,1*AcLrf + 0,3*AcTR + 0,1*AcRASTI + 0,05 AcISint + 0,05 AcISext}$$

Através desta expressão consegue-se obter o valor normalizado para o conforto acústico global (Ac). Esta função é dependente dos critérios de decisão, que estão representados pelos valores normalizados ($_N$) dos parâmetros acústicos também atrás referidos. Naturalmente que uns critérios pesam mais na análise acústica global do que outros e, sendo assim, o desempenho de parâmetro convertido por um valor normalizado referido nas tabelas é multiplicado por um determinado peso (P).

Uma condição fundamental e natural é a de que a soma de todos os pesos seja igual à unidade, obtendo-se a expressão final que vai caracterizar o conforto acústico global (Ac).

1.2.6.3. VENTILAÇÃO (PESO = 10%)

Neste aspeto, o objetivo é conseguir suficiente introdução de ar novo para o interior e um sistema de ventilação que o distribua por toda a instalação desportiva. Este parâmetro terá um peso de 10%.

Neste estudo em concreto, não foram obtidas as renovações de ar mas sim a velocidade do ar (em metro por segundo). Os valores, 1,5 a 2,0 renovações de ar por hora, no Inverno e 2,5 a 3,0 renovações de ar por hora no Verão, são considerados aceitáveis para este tipo de instalações desportivas e foram baseados na bibliografia consultada (CIB, 2004).

Os valores apresentados nos Quadro 1.7 e Quadro 1.8 e os sub-pesos atribuídos foram selecionados tendo como base os valores adquiridos em estudos já realizados (Barreira, 2003 e 2012) e em recomendações existentes na pesquisa bibliográfica efetuada.

Este critério é subdividido em dois subcritérios a saber: ventilação no inverno (NRI) com um sub-peso de 50% e ventilação no Verão (NRV) com um sub-peso de 50%.

Relativamente ao critério Ventilação no Inverno (NRI) atribuíram-se as pontuações patentes no Quadro 1.7, sendo o intervalo 1,5 a 2,0 renovações de ar por hora, aquele que tem a melhor cotação (20 valores).

Relativamente ao critério Ventilação no Verão (NRV) atribuíram-se as pontuações patentes no Quadro 1.8, sendo o intervalo 2,5 a 3,0 renovações de ar por hora, aquele que tem a melhor cotação (20 valores).

Quadro 1.7 – Correspondência entre função de valor para o critério Ventilação (Numero de Renovações por hora) e suas correspondentes cotações normalizadas (_N), no Inverno.

N.º renovações por h	NRInv_N (NRI)
< 1,0	14
[1,0 – 1,5[	18
[1,5 – 2,0[	20
[2,0 – 2,5[	16
[2,5 – 3,0[	12
[3,0 – 3,5[	10
[3,5 – 4,0[	8
[4,0 – 4,5[	6
[4,5 – 5,0[	4
≥ 5	0

Quadro 1.8 – Correspondência entre função de valor para o critério Ventilação (Número de renovações por hora) e suas correspondentes cotações normalizadas (_N), no Verão.

N.º renovações por h	NRVerão_N (NRV)
< 1,0	0
[1,0 – 1,5[	4
[1,5 – 2,0[	6
[2,0 – 2,5[	16
[2,5 – 3,0[	20
[3,0 – 3,5[	18
[3,5 – 4,0[	14
[4,0 – 4,5[	12
[4,5 – 5,0[	10
≥ 5	8

1.2.6.3.1. EXPRESSÃO GLOBAL PARA O CRITÉRIO VENTILAÇÃO

Quando se faz a avaliação de cada *critério* (parâmetro) obtém-se um valor de desempenho, que depois é convertido num valor normalizado ($_N$) através das tabelas referentes a esse mesmo *critério* (parâmetro). Esse valor é depois multiplicado pelo *peso* atribuído ao respetivo critério.

Os *pesos* foram distribuídos com base em pressupostos subjetivos, usando as informações obtidas do questionário pois não existem outros estudos que demonstrem a maior ou menor importância que os utentes atribuem a cada parâmetro. Os *pesos* foram então distribuídos do seguinte modo: 50% para a ventilação no inverno e 50% para a ventilação no verão, como se pode observar na expressão seguinte:

$$\mathbf{Vent_N = 0,5 NRInv_N + 0,5 NRV_N,}$$

por simplificação retirando todos os $_N$, fica:

$$\mathbf{Vent = 0,5 NRI + 0,5 NRV}$$

Através desta expressão consegue-se obter o valor normalizado para a Ventilação na instalação desportiva.

Uma condição fundamental e natural é a de que a soma de todos os pesos seja igual à unidade, obtendo-se a expressão final que vai caracterizar o conforto térmico global.

1.2.6.4. TEMPERATURA INTERIOR (PESO=15%)

É difícil definir exigências de conforto térmico, pois (e tome-se de exemplo, no Inverno, um utente) antes do início da aula, necessita de temperaturas mais elevadas do que após o seu começo, sendo de salientar o risco de lesões que temperaturas demasiado baixas podem implicar no início do desenvolvimento de um esforço.

Os valores apresentados nos Quadro 1.9 e Quadro 1.10 e os sub-pesos atribuídos foram selecionados tendo como base os valores adquiridos em estudos já realizados (Barreira, 2003 e 2012), em recomendações existentes

na pesquisa bibliográfica efetuada, no Decreto-Lei n.º 80/2006 - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).

Este peso (P) foi atribuído com base no estudo social aplicado aos professores de Educação Física, pois, 17% considerou a Térmica como o parâmetro mais importante para se atingir um conforto global numa instalação desportiva, tendo sido atribuído assim um peso de 15% à temperatura.

Este critério é subdividido em dois subcritérios a saber: temperatura interior no Inverno com um peso de 50% e temperatura interior no Verão com um peso de 50%.

Relativamente ao critério temperatura interior no Inverno (Tli) atribuíram-se as pontuações patentes no Quadro 1.9, sendo o intervalo de 18 a 20 °C aquele que tem a melhor cotação (20 valores).

Quadro 1.9 – Correspondência entre função de valor para o critério Temperatura Interior no Inverno (Tli) e suas correspondentes cotações normalizadas (_N).

Temperatura interior INV (°C)	Temperatura interior INV_N (Tli)
<10	0
[10 - 12[	2
[12 - 14[	5
[14 - 15[	8
[15 - 16[	10
[16 - 17[	14
[17 - 18[	17
[18 – 20[	20
[20 – 22[	17
[22 – 24[	14
[24 – 26[	10
[26 – 28[	8
[28 - 30[	5
[30 – 32[	2
≥ 32	0

Relativamente ao critério temperatura interior no Verão (Tlv) atribuíram-se as pontuações patentes no Quadro 1.10, sendo o intervalo de 20 a 24 °C aquele que tem a melhor cotação (20 valores).

Quadro 1.10 – Correspondência entre função de valor para o critério Temperatura Interior no Verão (Tlv), e suas correspondentes cotações normalizadas ($_N$).

Temperatura interior VER (°C)	Temperatura interior VER_N (Tlv)
<8	0
[8 – 10[	2
[10 – 12[	4
[12 – 14[	6
[14 – 16[	8
<hr/>	
[16 – 18[	10
[18 – 20[	18
[20 – 24[	20
[24 – 26[	17
[26 – 28[	14
[28 – 30[	10
<hr/>	
[30 – 32[	8
[32 – 34[	4
[34 – 36[	2
≥36	0

1.2.6.4.1. EXPRESSÃO GLOBAL PARA O CRITÉRIO TEMPERATURA INTERIOR

Quando se faz a avaliação de cada *critério* (parâmetro) obtém-se um valor de desempenho, que depois é convertido num valor normalizado ($_N$) através das tabelas referentes a esse mesmo *critério* (parâmetro). Esse valor é depois multiplicado pelo *peso* (P) atribuído ao respetivo critério.

Os *pesos* foram distribuídos com base em pressupostos subjetivos, devido ao facto de não se conhecerem estudos que demonstrem a maior ou menor importância que os utentes atribuem a cada parâmetro. O único dado concreto foi adquirido através do estudo social realizado aos professores de Educação Física, que indica que 17% atribui maior importância ao parâmetro Térmica para se conseguir conforto nas instalações desportivas. Os sub-pesos foram então distribuídos do seguinte modo: 50% para a temperatura interior no Inverno (Tli) e 50% para a temperatura interior no Verão (Tlv), como se pode observar na expressão seguinte:

$$\text{Temperatura Interior}_N = 0,5 * Tli_N + 0,5 * Tlv_N$$

ou simplificando retirando todos os $_N$, fica:

$$TI = 0,5 Tli + 0,5 Tlv$$

Através desta expressão consegue-se obter o valor normalizado para a temperatura interior (TI) na instalação desportiva.

Uma condição fundamental e natural é a de que a soma de todos os sub-pesos seja igual à unidade, obtendo-se a expressão final que vai caracterizar o conforto térmico global.

1.2.6.5. HUMIDADE RELATIVA (PESO=15%)

Nas instalações desportivas, a Humidade no ar constitui uma preocupação importante porque a evaporação é o principal método de perda de calor humano, na realização de atividade física. Como já foi referido anteriormente, se o grau de humidade for muito elevado não é possível a eficaz produção de evaporação e pode existir propagação de poluentes biológicos não saudáveis. Se o grau de humidade é muito baixo, pode causar incómodos ao nível da saúde tais como: irritação das membranas mucosas, secura visual e desconforto nasal.

Os valores apresentados nos Quadro 1.11 e Quadro 1.12 e o peso atribuído de 15% à humidade relativa, foram selecionados tendo como base os valores adquiridos em estudos já realizados (Barreira, 2003 e 2012), em recomendações existentes na pesquisa bibliográfica efetuada e no Decreto-Lei n.º 80/2006 - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).

Este critério é subdividido em dois subcritérios a saber: humidade relativa interior no Inverno (HRi) com um sub-peso de 50% e humidade relativa interior no Verão (HRv) com um sub-peso de 50%.

Relativamente ao critério humidade relativa interior tanto no Inverno como no Verão atribuíram-se as pontuações patentes nos Quadro 1.11 e Quadro 1.12, sendo o intervalo de 50 a 60 % aquele que tem a melhor cotação (20 valores).

Quadro 1.11 – Correspondência entre função de valor para o critério Humidade Relativa no Inverno (HRi) e suas correspondentes cotações normalizadas (_N).

Hr INV (%)	Hr INV_N (HRi)
[0 – 10[	0
[10 – 20[	5
[20 – 30[	8
[30 – 40[	10
[40 – 50[	17
[50 – 60[	20
[60 – 70[	17
[70 – 80[	10
[80 – 90[	5
[90 – 100]	0

Quadro 1.12 – Correspondência entre função de valor para o critério Humidade Relativa no Verão (HRv) e suas correspondentes cotações normalizadas (_N).

Hr VER (%)	Hr VER_N (HRv)
[0 – 10[	0
[10 – 20[	5
[20 – 30[	8
[30 – 40[	10
[40 – 50[	17
[50 – 60[	20
[60 – 70[	17
[70 – 80[	10
[80 – 90[	5
[90 – 100]	0

1.2.6.5.1. EXPRESSÃO GLOBAL PARA O CRITÉRIO HUMIDADE RELATIVA INTERIOR

Quando se faz a avaliação de cada *critério* (parâmetro) obtém-se um valor de desempenho, que depois é convertido num valor normalizado (_N) através das tabelas referentes a esse mesmo *critério* (parâmetro). Esse valor é depois multiplicado pelo *peso* (P) atribuído ao respetivo critério.

Mais uma vez, os *pesos* (P) foram distribuídos com base em pressupostos subjetivos, devido ao facto de não se conhecerem estudos que demonstrem a maior ou menor importância que os utentes atribuem a cada parâmetro. Os *pesos* foram então distribuídos do seguinte modo: 50% para a humidade

relativa interior no Inverno (HRi) e 50% para a humidade relativa interior no Verão (HRv), como se pode observar na expressão seguinte:

$$\text{Humidade Relativa}_N = 0,5 * \text{HRi}_N + 0,5 * \text{HRv}_N$$

ou simplificando retirando os $_N$, fica:

$$\text{HR} = 0,5 \text{ HRi} + 0,5 \text{ HRv}$$

Através desta expressão consegue-se obter o valor normalizado para humidade relativa (HR) interior na instalação desportiva.

Uma condição fundamental e natural é a de que a soma de todos os pesos seja igual à unidade, obtendo-se a expressão final que vai caracterizar o conforto térmico global.

1.2.6.6. LUMINOSIDADE

1.2.6.6.1. PREÂMBULO

As Instalações Desportivas devem dispor de boas condições de iluminação natural e artificial de modo a evitar a fadiga visual dos seus utilizadores originada quer pela inadequação do nível de iluminação, quer por ultrapassagem dos níveis máximos de tolerância visual e por contrastes de luminosidade que gerem encadeamento, quer ainda pela instabilidade e má qualidade de luz.

Os valores apresentados nos Quadro 1.13 e Quadro 1.14 e os sub-pesos atribuídos foram selecionados tendo como base os valores adquiridos em estudos já realizados (Barreira, 2003 e 2012) e em recomendações existentes na pesquisa bibliográfica efetuada.

Este critério é subdividido em dois subcritérios a saber: Iluminação Artificial (IA) com um peso de 10% e Iluminação Natural (IN) com um peso de 10%.

1.2.6.6.2. ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL (PESO=10%)

Os valores apresentados no Quadro 1.13 foram selecionados tendo como base os valores adquiridos em estudos já realizados (Barreira, 2003 e 2012) e em recomendações existentes na pesquisa bibliográfica efetuada.

A Iluminação artificial (IA) (valor médio obtido nas instalações e medido em lux) terá um peso de 10%. Atribuíram-se as pontuações patentes no Quadro 1.13, sendo o intervalo de 400 a 500 lux aquele que tem a melhor cotação (20 valores).

Quadro 1.13 – Correspondência entre função de valor para o critério Iluminação Artificial (lux) e suas correspondentes cotações normalizadas (_N).

Iluminação Artificial (lux)	Iluminação Artificial_N (IA_N)
< 100	0
[100 – 200[	6
[200 – 300[	10
[300 – 400[	16
[400 – 500[	20
[500 – 600[	18
[600 – 700[	16
[700 – 800[	10
[800 – 1000[	6
≥ 1000	0

1.2.6.6.3. ILUMINAÇÃO NATURAL (PESO=10%)

Os valores apresentados no Quadro 1.14 foram selecionados tendo como base os valores adquiridos em estudos já realizados (Barreira, 2003 e 2012) e em recomendações existentes na pesquisa bibliográfica efetuada.

A Iluminação Natural (IN) (valor médio obtido nas instalações e medido em lux) terá um peso de 10%. Atribuíram-se as pontuações patentes no Quadro 1.14, sendo o intervalo de 400 a 500 lux aquele que tem a melhor cotação (20 valores).

Quadro 1.14– Correspondência entre função de valor para o critério Iluminação Natural (lux) e suas correspondentes cotações normalizadas (_N).

Iluminação Natural (lux)	Iluminação Natural_N (IN_N)
< 100	0
[100 – 200[	6
[200 – 300[	10

[300 – 400[	16
[400 – 500[	20
[500 – 600[	18
[600 – 700[	16
[700 – 800[	10
[800 – 1000[	6
≥ 1000	0

O referido quadro pode ser utilizado em casos em que se recorre a avaliação da iluminação natural através de sonda de lux, que é o caso do presente estudo. Caso o avaliador tenha de recorrer a uma avaliação *in loco*, poderá utilizar a tabela do Quadro 1.15.

No caso de não existir a possibilidade de o avaliador utilizar um aparelho de avaliação para obter valores em lux, poderá recorrer-se a uma avaliação visual subjetiva *in loco*, utilizando uma ficha de avaliação constituída por cinco características. Cada característica observada terá um ponto, estes pontos serão somados e será obtida uma classificação convertida (normalizada) numa escala de 0 a 20 valores (Quadro 1.15).

Quadro 1.15 – Correspondência entre função de valor para o critério Iluminação Natural (subjetiva) e suas características (_N).

Características da Iluminação Natural	
Boa orientação da luz (1 ponto)	
Repartição regular da luz (1 ponto)	
Não existe ultrapassagem dos níveis máximos de tolerância visual (1 ponto)	
Não cria fadiga visual nos utentes (1 ponto)	
Não existem, contrastes de luminosidade que gerem encadeamento (1 ponto).	
Pontos (Iluminação Natural)	Iluminação Natural_N (IN_N)
5	20
4	16
3	12
2	8
1	4
0	0

1.2.6.7. PISOS (PESO=15%)

Relativamente aos pisos as características apresentadas no Quadro 1.16 e o peso atribuído, foram selecionados tendo como base as características referidas em estudos já realizados (Barreira, 2003 e 2012) e em recomendações existentes na pesquisa bibliográfica efetuada e na norma DIN 18032.

Um peso de 15% foi atribuído com base no estudo social aplicado aos professores de Educação Física, pois 22% considerou o pavimento desportivo como o parâmetro mais importante para se atingir um conforto global numa instalação desportiva.

O Quadro 1.16 é utilizado, no caso, do avaliador recorrer a uma avaliação visual subjetiva *in loco*, utilizando uma ficha de avaliação constituída por cinco características. Cada característica observada terá um ponto, estes pontos serão somados e será obtida uma classificação numa escala normalizada de 0 a 20 valores (PIS_N).

Quadro 1.16 – Correspondência entre função de valor para o critério e suas características PIS (_N).

Características dos Pisos	
Elasticidade, segurança do piso e no deslize (1 ponto)	
Boas propriedades de recuperação elástica (1 ponto)	
Pouca propagação de ruído (1 ponto)	
Pouca reflexão da luz (1 ponto)	
Segurança contra acidentes, o piso absorve parte da energia dos membros sobrecarregados e diminui o risco de lesões (1 ponto)	
Pontos (PIS)	Classificação PIS_N
5	20
4	16
3	12
2	8
1	4
0	0

1.2.6.8. ACESSIBILIDADES (PESO=5%)

Relativamente às acessibilidades as características apresentadas no Quadro 1.17 e o peso atribuído, foram selecionados tendo como base as

características referidas em estudos já realizados (Barreira, 2003 e 2012) e em recomendações existentes na pesquisa bibliográfica efetuada e na Lei nº 38/2004 de 18/08 e no Decreto-Lei nº 163/2006 de 08/08.

O *peso* foi baseado em pressupostos subjetivos, pelo facto de não se conhecerem estudos que demonstrem a importância que os utentes atribuem a cada parâmetro. Foi assim, atribuído um peso de 5% ao critério acessibilidades (ACE) pois no estudo social efetuado, este é o parâmetro que os professores de Educação Física consideram menos importante.

O Quadro 1.17 é utilizado, no caso do avaliador recorrer a uma avaliação visual subjetiva *in loco*, utilizando uma ficha de avaliação constituída por cinco características. Cada característica observada terá um ponto, estes pontos serão somados e será obtida uma classificação numa escala de 0 a 20 valores.

Quadro 1.17 – Correspondência entre função de valor para o critério Acessibilidades e suas características ACE_N .

Características das Acessibilidades	
Não existem obstáculos no acesso e movimentação (1 ponto)	
Largura dos corredores adequada (1 ponto)	
Possui rampas de acesso à instalação desportiva (1 ponto)	
Possui lugares destinados a deficientes (1 ponto)	
Instalações sanitárias próprias para deficientes (1 ponto)	
Pontos (ACE)	Classificação ACE_N
5	20
4	16
3	12
2	8
1	4
0	0

1.2.7. ÍNDICE DE CONFORTO GLOBAL

1.2.7.1. DEFINIÇÃO

O Índice de Conforto Global (ICG) respeitante à instalação desportiva é uma função semelhante à função $v(ai)$ atrás referida, que mede o “valor” de cada alternativa relativamente ao conforto global. Esta função é dependente dos critérios de decisão, que estão representados pelos parâmetros acústicos,

térmicos, de luminosidade, pisos e acessibilidades, também atrás referidos. Naturalmente que uns critérios pesam mais na análise do conforto global do que outros e, sendo assim, o desempenho da alternativa ai conforme o j -ésimo critério é multiplicado por um determinado peso. Uma condição fundamental e natural é a de que a soma de todos os pesos seja igual à unidade. Assim, para cada alternativa ai , o ICG é determinado pela seguinte expressão:

$$ICG = 0,20 Ac_N + 0,15 Temp_N + 0,15 HR_N + 0,10 Vent_N + 0,10 IA_N + 0,10 IN_N + 0,15 PIS_N + 0,05 ACE_N$$

ou por simplificação, retirando os $_N$, fica:

$$ICG = 0,20 Ac + 0,15 Temp + 0,15 HR + 0,10 Vent + 0,10 IA + 0,10 IN + 0,15 PIS + 0,05 ACE$$

Sendo que:

Ac – é o valor normalizado de desempenho da alternativa ai conforme o critério Acústica (L_{Aeq} com ocupação; $L_{Aeq}(rf)$; TR; RASTI; $D_{nT,w}$ (interior) e $D_{2m,nT,w}$). 0,20, é o peso atribuído ao critério Acústica;

Vent - é o valor normalizado de desempenho da alternativa ai conforme o critério Ventilação. 0,10 é o peso atribuído ao critério Ventilação;

Temp - é o valor normalizado de desempenho da alternativa ai conforme o critério Temperatura. 0,15 é o peso atribuído ao critério Temperatura;

HR - é o valor normalizado de desempenho da alternativa ai conforme o critério Humidade Relativa. 0,15 é o peso atribuído ao critério Humidade Relativa;

IA - é o valor normalizado de desempenho da alternativa ai conforme o critério Iluminação Artificial. 0,10 é o peso atribuído ao critério Iluminação Artificial;

IN - é o valor de desempenho da alternativa ai conforme o critério Iluminação Natural. 0,10 é o peso atribuído ao critério Iluminação Natural;

PIS - é o valor normalizado de desempenho da alternativa ai conforme o critério Pisos. 0,15 é o peso atribuído ao critério Pisos;

ACE - é o valor normalizado de desempenho da alternativa ai conforme o critério Acessibilidades. 0,05 é o peso atribuído ao critério Acessibilidades.

A distribuição de pesos na expressão de ICG foi feita de uma forma parcialmente subjetiva, apoiada na bibliografia, no estudo social feito e em algum bom senso. Esta subjetividade aparece devido ao facto de não se conhecerem ainda outros estudos que demonstrem a importância relativa que nas instalações desportivas se atribui a cada parâmetro. Apesar de alguma subjetividade, estes pesos foram também, baseados no estudo social aplicado a 293 professores de Educação Física que referiram qual o parâmetro mais importante para adquirirem conforto nas instalações desportivas. Destaca-se que o parâmetro considerado mais importante para o conforto global foi a Acústica (44%), seguido do parâmetro Pisos (22%) e depois a Temperatura com 17% de respostas. Os parâmetros de Luminosidade, Humidade Relativa e Acessibilidades foram os que obtiveram menores graus de importância.

Após análise de cada parâmetro, de cada peso, função de valor e adquirida uma cotação normalizada ($_N$) (valor respetivo a cada parâmetro), este é inserido na fórmula. Da fórmula sai o valor de Índice de Conforto Global (ICG) que corresponde à condição real da respetiva instalação desportiva. Este Índice de Conforto Global permite obter uma caracterização do estado de cada instalação desportiva, como se demonstra no Quadro 1.18. Assim, para instalações que obtenham um ICG menor do que 5 valores é considerada uma má instalação, as que obtiverem valores entre 5 e 10 valores, são consideradas medíocres. Para ICG entre 10 e 14 valores, são classificadas como suficientes, se obtiverem ICG entre 14 e 17 valores, já se consideram instalações com um bom conforto global e a partir dos 17 valores, serão consideradas instalações excelentes.

Quadro 1.18 - ICG – Índice de Conforto Global (ICG) obtidos por aplicação do Método MultiCritério aos PDE

Valores ICG	Características
[0-5[	<i>Má</i>
[5-10[	<i>Medíocre</i>
[10-14[	<i>Suficiente</i>
[14-17[	<i>Boa</i>
[17-20]	<i>Excelente</i>