

04.

Ergonomia e antropometria num automóvel de pequenas dimensões

Ergonomics and anthropometry in a small automobile

Emanuel Oliveira

DECA - Universidade de Aveiro
emanueloliveira@ua.pt

João Oliveira

DEM – Universidade de Aveiro;
jalex@ua.pt

Paulo Bago de Uva

DECA – Universidade de Aveiro
paulo.uva@ua.pt

A dependência do Homem face ao automóvel é hoje uma realidade inquestionável. Este passou a ser um objeto que funciona como uma espécie de “extensão do corpo”, isto é, que passou a definir o status e a personalidade das pessoas, relegando para segundo plano as questões utilitárias e práticas.

Uma vez que o objectivo global do projeto discutido neste trabalho prende-se com a realização de um veículo citadino de pequenas dimensões, económico e para uma utilização “on-road”, devem ser tidos em conta todos os aspetos relacionados com a ergonomia e antropometria, sendo esse o foco do presente trabalho.

Ainda referente ao tipo de utilização, há que ressaltar a imperatividade de uma solução comedida em termos de espaço, onde o transporte de até quatro pessoas em curtas/médias distâncias para um uso quotidiano seja o foco. No entanto, deve prever-se a possibilidade de modularidade consoante o tipo de utilização mais esporádica que este pode ter.

Dentro deste domínio, a ergonomia e a antropometria apresentam-se como disciplinas que estudam e melhoram a integração e interação do Homem com o mundo, sendo um dos pontos chave para a aproximação do projeto à realidade.

Palavras-chave micro-carro, cidade, ergonomia, antropometria

The dependence of Man on the car is today an unquestionable reality. It has become an object that acts as a sort of “extension of the body”, that is, that increasingly defines the status and even personality of the owner, relegating to the background the utilitarian and practical aspects.

Since the ultimate goal of the presented project is related to the development of a small city automobile which is economically and for on-road use, all aspects related to ergonomics and anthropometry should be taken into account, providing the main focus of this work.

Also concerning the expected type of use, a caveat should be taken on the imperative of a solution thoroughly dimensioned in terms of internal space, where the transport of up to four people over short / medium distances for everyday use is the focus. However, it should also provide the possibility of modularity for whichever variations in the sporadic type of use that it might have.

Within this field, the focus on ergonomics and anthropometry is paramount, as disciplines that study and improve the integration and interaction of Man within the surrounding world, one of the key points for the approach of this project to reality.

Keywords micro-car, city, ergonomics, anthropometry

1. Introdução

Sendo um designer industrial “considerado, entre outras coisas, um criativo solucionador de problemas, e deseja continuar a sê-lo, é importante que conheça as implicações sociais, económicas e culturais da realidade emergente” (MALDONADO, 2006), é importante que este tenha um conhecimento profundo da realidade que o circunda.

Como refere Manzini (1993), é a partir do que existe que se forma a criatividade, sendo dessa existência que surge o estímulo. Assim, esta fase projetual partiu deste conhecimento pré-existente, no caso os estudos ergonómicos e antropométricos já realizados, servindo de fonte à qual o design vai buscar informação para projetar (MANZINI, 1993).

Este trabalho, integrado no desenvolvimento de um automóvel de pequenas dimensões para um uso cidadão, centra-se num conceito de acesso e de interior do veículo. Recorreu-se a algumas metodologias utilizadas no desenvolvimento de produto, no caso a defendida por Ulrich e Eppinger (2012). A sua aplicação surge na definição da arquitetura de produto, para conseguir situar o posicionamento dos assentos no espaço interior do veículo, e na análise morfológica, a fim de definir qual o tipo de aberturas a utilizar nas portas laterais e na bagageira. Ademais, foram tidos em conta aspetos como a visibilidade para o exterior, a disposição e usabilidade dos controlos de condução, no sentido de que a solução final apresente um elevado grau de conforto e segurança aos utilizadores.

O resultado final apresenta-se com a visão do autor sob a génese da sua formação base (Design), tentando responder com soluções fundamentadas na engenharia, mas também com a atenção a questões mais sensíveis como a harmonia espacial e o conforto.

2. Análise ergonómica e antropométrica

A Ergonomia é uma disciplina que compreende as relações entre os seres humanos e os objetos, aplicando conhecimentos científicos para possibilitar o bem estar do Homem (INTERNATIONAL ERGONOMIC ASSOCIATION, 2015). Porém existem outras perspetivas, como a definição desta como sendo uma ciência que estuda as tarefas humanas, abrangendo o design das ferramentas, objetos e ambientes utilizados (PHEASANT; HASLEGRAVE, 2005), para assim reduzir as consequências negativas sobre as pessoas, ou seja, melhorar a experiência de utilização.

Uma vez que o potencial de fornecer ferramentas adequadas é enorme, a ergonomia apresenta a sua base científica em disciplinas como a filosofia, a engenharia, a biomecânica, a antropometria, entre outros, sendo por isso uma área multidisciplinar, enquadrada em três domínios (IIDA, 2005):

- Ergonomia física, relacionada com as características anatómicas do corpo humano (antropometria);
- Ergonomia cognitiva, ligada a processos mentais como o raciocínio, memória, percepção e resposta motora;
- Ergonomia organizacional, remete-se à optimização das estruturas organizacionais, processuais e políticas.

Uma vez que o presente trabalho lida com a inserção do homem num ambiente isolado onde terá de executar tarefas, a abordagem ergonómica pode ser resumida com base no princípio do design centrado no utilizador, onde o seu desenho deve compreender em si as características (mentais e físicas) dos seus utilizadores (PHEASANT; HASLEGRAVE, 2005).

2.1. Variáveis do utilizador

A ergonomia e a antropometria, no presente trabalho, pretendem adequar o veículo aos seus usuários, em relação ao conforto e à segurança. Como tal, é necessário definir qual a tipologia do veículo e, sobretudo, as características do utilizador (físicas e mentais). Estes fatores são de elevada importância, apesar do veículo poder ser utilizado por outro tipo de indivíduos, com características diferentes e, por vezes, especiais (idosos e deficientes motores).

Uma vez que o presente trabalho visa um mercado alvo de jovens adultos, foi selecionado o percentil 80 de um homem europeu com a idade compreendida entre os 18 e 24 anos (percentil 50 na América), como referência dimensional da fisionomia humana. Uma vez que a fisionomia de um indivíduo do sexo masculino é de maior porte, o estudo focou-se sobretudo neste, sendo que um indivíduo do sexo feminino poderá, com o ajuste do banco, compensar esta diferença.

Assim segundo Tilley e Dreyfuss, um homem deste percentil, em posição hirta, tem as seguintes dimensões médias (Figura 1) (TILLEY; DREYFUSS, 2002):

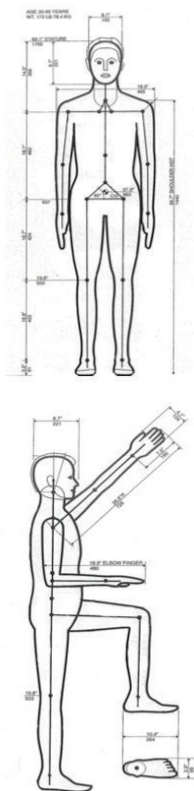


Figura 1. Vista frontal e lateral de um indivíduo do sexo masculino representativo do percentil 80 na Europa (TILLEY; DREYFUSS, 2002)

Peso: 78,5kg; Altura: 1,78m; Cg point ao solo: 96,3cm; Largura de ombros: 46,5cm; Altura da cabeça: 22,1cm; Largura da cabeça: 15,5cm; Altura da bacia ao solo: 92,7cm; Altura dos joelhos ao solo: 50,3cm;	Comprimento do braço estendido: 72,6cm; Comprimento do braço a 90°: 48cm; Largura lateral do tronco: 22,1cm; Largura do pé: 9,9cm; Comprimento do pé: 26,4cm; Largura da mão: 10,4cm; Comprimento da mão: 19cm.
--	---

Mediante estas dimensões, foi então possível partir para o desenvolvimento do passo seguinte em questões projetuais.

2.2. Postura de condução e distância aos controlos

Concluída a fase de levantamento das características físicas do utilizador, procedeu-se á definição de uma posição de condução.

No ato de condução o elemento principal (condutor) desempenha três tipos de tarefas: visuais, manuais e cognitivas. A tarefa visual prende-se com a necessidade de observação da realidade interior e exterior ao veículo, sendo que a apreensão desses dados é apelidada de *cognição*. Já as tarefas físicas (uso de força das mãos e pés, rotação do tronco e pescoço) são aquelas que advém da posição do corpo face aos comandos.

Para o posicionamento correto dos elementos face ao corpo humano, existem pontos de referência que auxiliam este processo, sendo o H-point ou SRP (*Hip Point ou Seating Reference Point*) o mais importante, pois é dele que surgem as restantes distâncias e ângulos (BHISE, 2011; MACEY, 2009). Porém, existem várias posições de condução. Dependendo da tipologia do veículo, todas as referências dimensionais se modificam, alterando a postura de condução em detrimento, nomeadamente, de um maior conforto, maior dinâmica do veículo ou maior segurança (Figura 2).

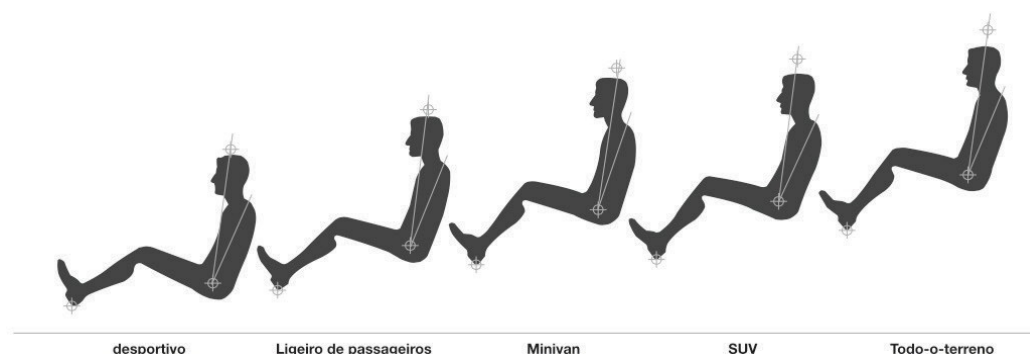


Figura 2. Posições de condução e distância ao solo em diferentes tipologias de veículos segundo Macey (2009)

Uma vez que a tipologia de veículo se destina a um uso citadino, onde o objetivo principal é o transporte de passageiros, foi opção projetual manter um bom compromisso entre o conforto de entrada e posição de condução e a manutenção de um centro de gravidade baixo. Deste modo, não é comprometida de forma crítica tanto a usabilidade como a estabilidade e comportamento do veículo. Assim, segundo Macey e Bhise, citando a SAE¹, são necessárias para definir o ambiente em torno do ocupante algumas medidas (Figura 3), concluindo o primeiro que existem, no mercado atual, referentes á posição de condução, as seguintes dimensões para um veículo de pequenas dimensões:

Calcanhar ao solo: 22,5cm;
Altura do banco: 25cm;
H-point ao solo: 47,5cm;
Ângulo das costas: 24°;

Altura do H-point ao tecto do veículo: 97,5cm;
Ângulo de visão superior: 15°;
Ângulo de visão inferior: 7°;
Largura lateral a partir do H-point: 35cm.

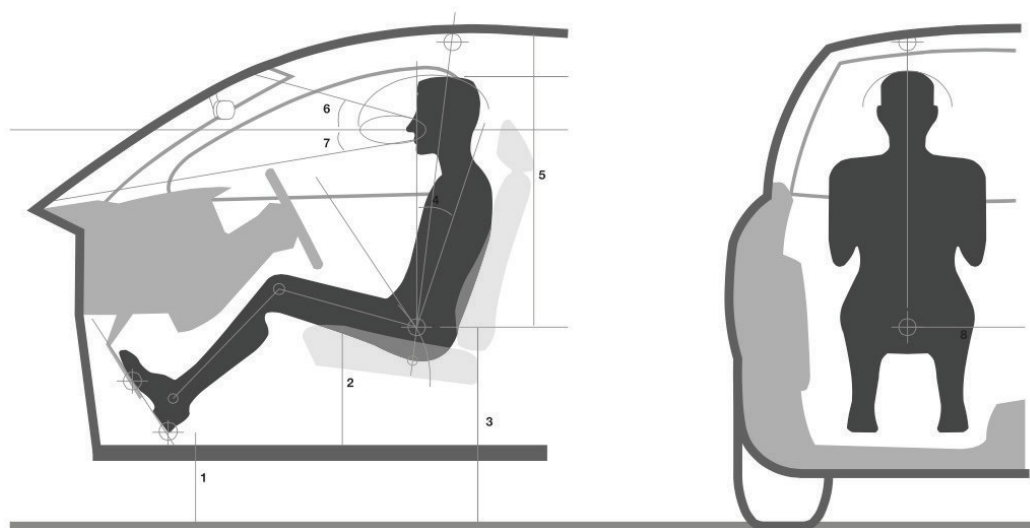


Figura 3. Pontos de referência, distâncias e ângulos na postura de condução segundo Macey (2009)

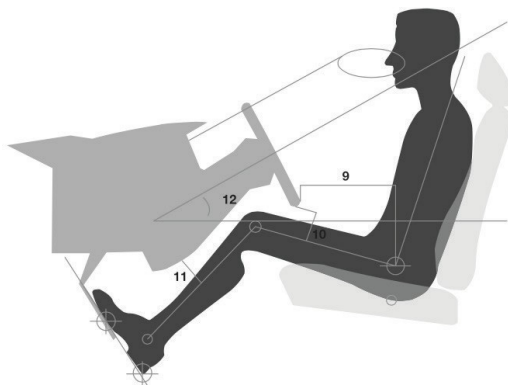
¹ Society of Automotive Engineers

Foi ainda estudado o posicionamento dos controlos e painéis informativos relativamente ao condutor. Macey estabelece, relativamente ao volante, as seguintes métricas (Figura 4):

Distância do volante ao H-point: entre 30 a 32,5cm; Distância entre o meio da porta e o guiador: 8 a 10cm;	Distância da perna á coluna de direção: 12 a 15cm; Ângulo do volante face ao chão: 24°;
---	---

Deste modo o cumprimento destas referencias dimensionais assegurará uma relação harmoniosa do Homem com a máquina, melhorando a usabilidade e conforto de utilização.

Figura 4. Pontos de referência, distâncias e ângulos aos controlos segundo Macey (2009)



2.3. Condutor e passageiros

Para uma análise do espaço necessário para o habitáculo foi desenvolvido um estudo que compreendeu o recurso a um espaço de quatro ocupantes. Foram seleccionadas duas pessoas do sexo feminino e duas do sexo masculino, de diferentes estaturas, para deste modo ser possível a compreensão da diferença de estaturas e as implicações projetuais adjacentes (Figura 5).

Figura 5. Estudo das dimensões mínimas de um habitáculo para quatro pessoas

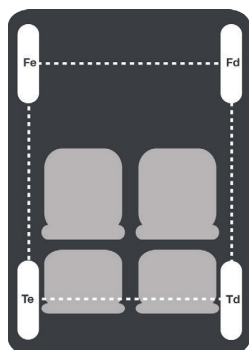


Figura 6. Posicionamento no espaço dos assentos

No sentido de reduzir o espaço necessário, foi adoptado um posicionamento dos ocupantes traseiros próximo dos bancos posteriores, numa tentativa de redução das dimensões do veículo. Esta condicionante fará com que quem viaja nos lugares traseiros tenha de afastar as pernas para se sentar comodamente, posicionando-se mais próximo dos ocupantes da frente, quando comparado com a generalidade dos veículos. Deste modo, é possível concluir que numa lotação de quatro ocupantes o habitáculo do veículo terá no mínimo de possuir 150cm de comprimento por 120cm de largura, para que possa ser efetuada uma viagem com um nível de conforto aceitável (Figura 6). Embora este estudo não tenha sido realizado prevendo todas as variáveis de um automóvel como, por exemplo, os assentos, que foram simulados com cadeiras, oferece mesmo assim uma boa aproximação á realidade.

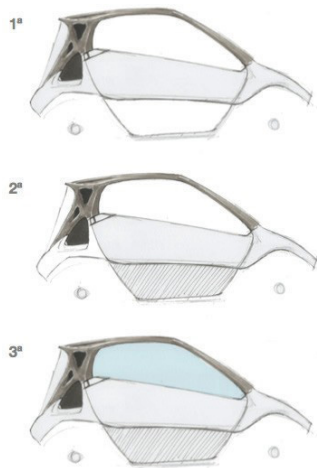


Figura 7. Desenhos de análise morfológica da porta lateral

3. Acessibilidade ao interior

Com o intuito de abordar alguns detalhes mais específicos relativos à entrada e saída do veículo, tanto de pessoas como de carga, foi realizada uma análise morfológica.

Este método analítico apresenta as possibilidades de soluções para determinado componente, ou área de atuação, permitindo obter a melhor combinação possível, segundo critérios previamente definidos (ULRICH; EPPINGER, 2012).

Deste modo, definiram-se como áreas alvo de estudo a composição da porta lateral, as aberturas das portas laterais e a abertura do porta-bagagem.

Em relação à composição da porta lateral, foram identificadas três possibilidades (Figura 7):

- A primeira versão, somente com a parte central de reforço, apresenta uma solução de custo mais reduzido mas, no entanto, não oferecendo um habitáculo fechado;
- A segunda, revela uma preocupação com a proteção dos ocupantes face aos elementos que possam vir de baixo, como por exemplo lamas, pedras, etc.;
- A última versão, embora seja a que envolve custos mais elevados, é a que protege melhor o utilizador, criando um habitáculo fechado.

Uma vez que era importante oferecer o máximo de proteção, a opção projetual passou pela terceira possibilidade.

Relativamente ao sistema de abertura das portas laterais constatarem-se três possibilidades (Figura 8):

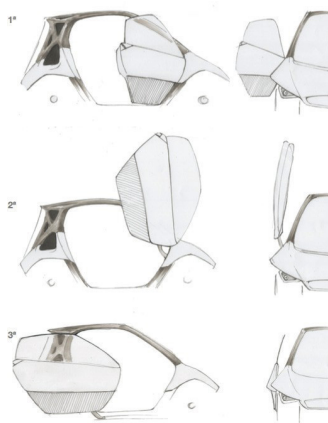


Figura 8. Desenhos de análise morfológica do sistema de abertura da porta lateral

- No primeiro caso era uma abertura convencional, como se verifica na maioria dos veículos de passageiros. Porém, visto que a porta possui um grande vão aquando da abertura, ocuparia uma grande distância lateral, representando um problema no estacionamento;
- O segundo caso apresenta uma abertura em tesoura. Apesar deste ser um modelo mais utilizado em carros desportivos, a verdade é que demonstrou ser uma boa solução uma vez que permite um bom acesso ao habitáculo. Em termos de largura não representa o problema do caso anterior, porém em termos de altura pode representar um grande incomodo se o espaço exterior estiver limitado a uma medida baixa;
- O ultimo caso, talvez o menos convencional num veículo ligeiro, é uma solução de deslize lateral. Desde logo é perceptível a dificuldade que cria no acesso aos bancos traseiros. Em termos de ocupação de espaço lateral não apresenta qualquer tipo de entraves, mas este tipo de abertura necessita de pelo menos dois pontos de apoio para ser estável. Esta situação revela a necessidade da existência de duas calhas, sendo que uma delas teria de ser no interior da porta, estando em contato direto com o interior do veículo. Isto representa um potencial problema, pois, para o seu normal funcionamento, estas precisam de estar lubrificadas.

Assim sendo, a opção projetual passou pelo segundo caso, uma vez que na maioria das situações o espaço em altura não representa um problema.

Por fim o outro aspecto alvo de uma análise morfológica foi a abertura da bagageira. Para o desenvolvimento deste elemento foram encontradas duas soluções (Figura 9) que são frequentes nos automóveis atualmente no mercado.

Figura 9. Desenhos de análise morfológica do sistema de abertura da bagageira



A primeira solução visa uma abertura com as dobradiças montadas no topo, ou seja, uma abertura para cima. Este tipo de solução é a mais recorrente em automóveis desta tipologia. No entanto acarreta um custo superior, uma vez que necessita de amortecedores hidráulicos para se manter aberta. Já o segundo caso prevê uma abertura lateral, do género de um armário de cozinha. Esta é a solução mais barata, uma vez que apenas necessita de duas dobradiças montadas na lateral, facto que levou à decisão de optar pela sua implementação.

4. Proposta final do interior

Além dos aspetos relacionados com a ergonomia física, foram ainda pensadas as questões ligadas à iluminação do interior do veículo. Uma vez que a estrutura permite a existência de amplas áreas de intervalo, foram criadas grandes superfícies transparentes, permitindo a passagem da luz exterior para o habitáculo, aumentando consideravelmente a visibilidade para o ambiente externo, e contribuindo para o aumento da segurança na condução (Figura 10).

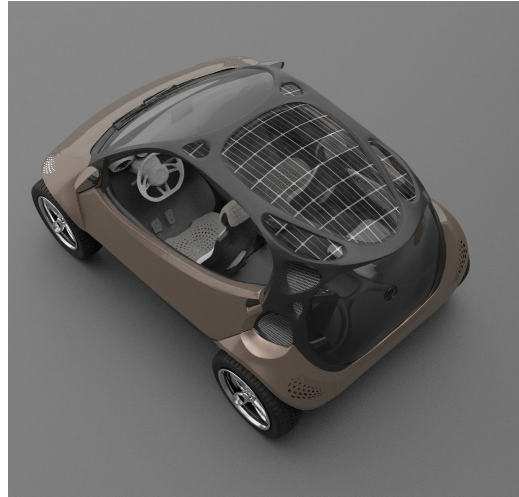


Figura 10. Representação tridimensional da proposta final do exterior, perspectiva topo traseira

A abertura das portas laterais recorre a um sistema tipo “tesoura”, tendo como vantagem o fato de não necessitar de espaço lateral, facilitando a saída em estacionamento (Figura 11). A abertura da porta traseira visa também a facilidade de utilização, seguindo a lógica estipulada na análise morfológica (Figura 11). Dada a sua diferenciação face à maioria dos modelos, este elemento poderá também contribuir para a distinção da proposta no mercado.



Figura 11. Abertura da bagageira e das portas laterais

As superfícies transparentes permitem ampliar o espaço, rompendo com a sensação de claustrofobia existente em veículos de dimensões reduzidas e oferecendo ao utilizador uma panorâmica da envolvente citadina (figura 12).

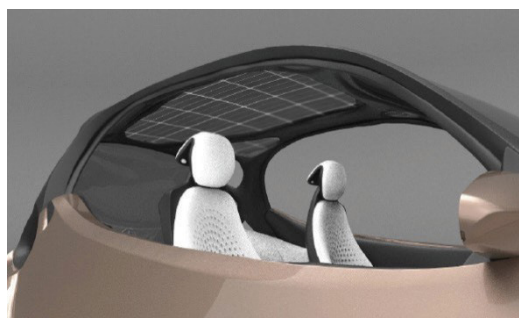


Figura 12. Amplitude da abertura do vidro da porta lateral

No interior, a palavra que define sinteticamente a proposta é *simplicidade*. Foi segundo esta premissa que a interação homem/máquina foi pensada. Este paradigma assume maior destaque no tabliê, uma vez que apenas possui os controlos físicos básicos (guiador, velocímetro, manetes de pisca, luzes e limpa para-brisas e os controlos de *chauffage*), remetendo para um sistema *touchscreen* as questões acessórias (Figura 13) e focando o utilizador na experiência de condução.

Figura 13.
Representação tridimensional do
tabliê e controlos



Figura 14. Rebatimento do banco
frontal



Figura 15. Banco traseiro com
apoios laterais

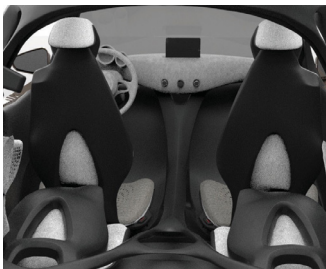


Figura 16. Rebatimento dos bancos
traseiros

Uma vez que o resultado da definição da arquitetura de produto previa quatro lugares, estes foram desenhados desenvolvendo especificamente os bancos para este modelo. Com uma estrutura base que alberga o cinto de segurança, estes permitem o rebatimento de forma a possibilitar a entrada dos ocupantes traseiros (Figura 14).

Já os bancos traseiros partilham a mesma base estrutural. Porém, foi desenhado um envolvente diferente, privilegiando uma integração dos utilizadores, com uma maior comodidade, aumentando a sensação de conforto e segurança (Figura 15). Estes lugares na retaguarda prevêem o seu rebatimento, aumentando a capacidade da bagageira do veículo (Figura 16), de forma a respeitar a posição de condução definida no estudo ergonómico e antropométrico (Figura 17).

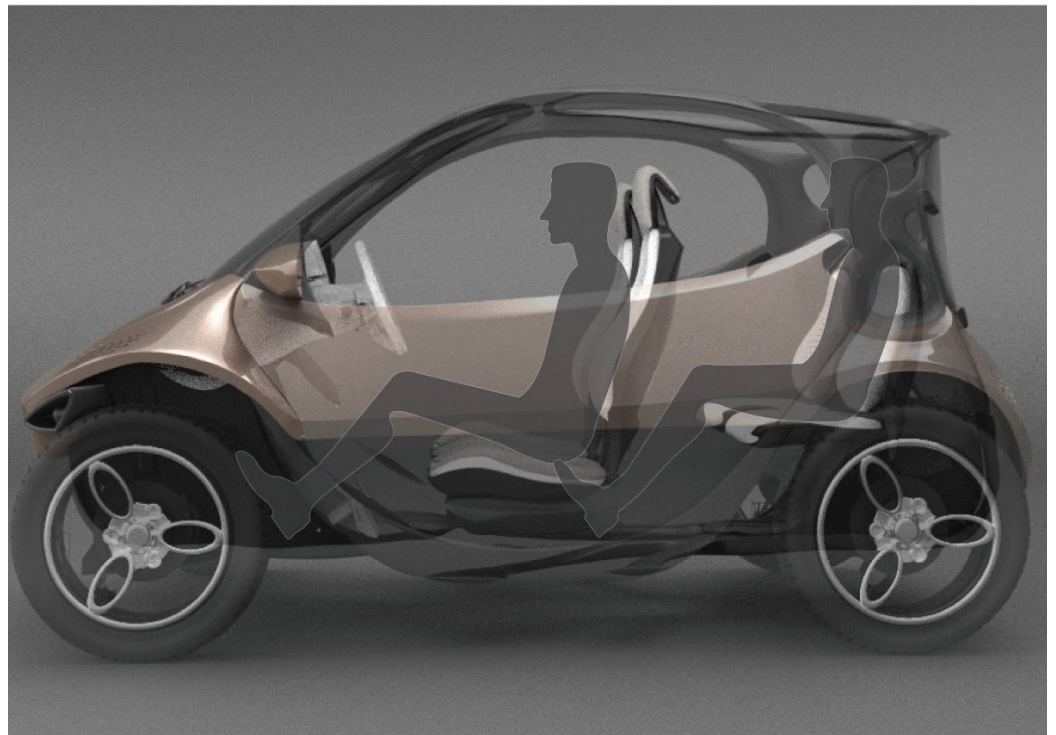


Figura 17. Dimensionamento face à escala humana

A simplicidade do interior poderá conferir um ar demasiado singelo ao produto, podendo resultar num aspeto menos interessante para o potencial cliente. De forma a evitar esta questão, foram introduzidas texturas nos bancos que se conjugam com as luzes exteriores (Figuras 18 e 19). Também o tabliê apresenta a aplicação de um material de revestimento texturado (Figura 20).

Figura 18.
Perspetiva dos bancos e habitáculo

Figura 19.
Texturas dos bancos frontais

Figura 20.
Textura do tabliê



5. Conclusões

Uma vez que a proposta de projeto se centra no desenvolvimento de um veículo de pequenas dimensões, para um uso citadino, foi fundamental o estudo relativo à ergonomia e antropometria. Dado que questões como a visibilidade e acessibilidade são pontos chave num veículo desta tipologia, tornou-se imperativa a realização deste estudo, conseguindo apontar os limites projetuais. Foi ainda vital a definição da posição de condução, uma vez que influenciaria todo o desenho do interior do automóvel.

Revelou-se notória a relevância desta parte projetual na consolidação de duas áreas complementares de projeto, o Design e a Engenharia, traduzindo o equilíbrio entre metodologias divergentes e convergentes do desenvolvimento de produto. Este processo liga fortes preocupações utilitárias, conjugadas com preocupações técnicas, e ainda intervém naquilo que é o sentido estético. Como desenvolvimento futuro, ainda deverá ser desenvolvido um estudo mais aprofundado relativamente ao posicionamento dos ocupantes traseiros, a fim de garantir o seu conforto e segurança.

Referências Bibliográficas

- BHISE, V. D. *Ergonomics in the Automotive Design Process*. [s.l.] CRC Press, 2011. IIDA, I. *Ergonomia: projeto e produção*. [s.l.] Edgard Blücher, 2005.
- INTERNATIONAL ERGONOMIC ASSOCIATION. *Definição e domínios da ergonomia* | Site IEA. Disponível em: <<http://www.iea.cc/whats/index.html>>. Acesso em: 7 out. 2015.
- MACEY, S. *H-point: The Fundamentals of Car Design & Packaging*. [s.l.] Design Studio Press, 2009.
- MALDONADO, T. *Design industrial*. [s.l.] Edições 70, 2006.
- MANZINI, E. *A matéria da invenção*. [s.l.] Centro Portugues de Design, 1993.
- PHEASANT, S.; HASLEGRAVE, C. M. *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work, Third Edition*. [s.l.] CRC Press, 2005.
- TILLEY, A. R.; DREYFUSS, H. *The Measure of Man and Woman Revised Version: Human Factors in Design*. [s.l.] Wiley, 2002.
- ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. *Product Design and Development*. [s.l.] McGraw-Hill, 2012.

