



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

André Luís Vitela Monteiro

INDEX - MÁQUINA DE NAIRNE

APLICAÇÃO PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS PARA INTERACÇÃO VIRTUAL
COM PATRIMÓNIO HISTÓRICO DO GABINETE DE FÍSICA
DO MUSEU DA CIÊNCIA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Dissertação no âmbito do Mestrado em Design e Multimédia,
orientada pelo Professor Doutor Nuno Miguel Cabral Carreira Coelho
e pelo Professor Doutor Licínio Gomes Roque,
apresentada ao Departamento de Engenharia Informática
e ao Departamento de Arquitetura
da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Setembro de 2019

RESUMO

O Gabinete de Física Experimental é um elemento essencial do Museu da Ciência da Universidade de Coimbra com importância a nível mundial porque a sua história, juntamente com os instrumentos que o compõem, permite compreender a evolução da ciência especialmente do campo da Física durante o século XVIII e XIX.

A coleção do Gabinete de Física contém instrumentos criados para demonstrar através de experiências os vários princípios da Física. Eram utilizados como ferramenta de ensino durante vários séculos, hoje são objectos expostos nas salas do Gabinete de Física que não podem ser utilizados devido ao seu valor patrimonial.

Através da compreensão de métodos de aprendizagem no espaço museológico aliada a experiências interativas, foi proposta a criação de uma aplicação para dispositivos móveis que simula a utilização de instrumentos recorrendo a realidade aumentada, permitindo ao utilizador realizar virtualmente as experiências para que estes foram concebidos e assim aprender conceitos da Física.

PALAVRAS CHAVE

Gabinete de Física do Museu da Ciência da Universidade de Coimbra, Interação, Dispositivos Móveis, Realidade Aumentada, Experiência Interactiva

ABSTRACT

The Experimental Physics Cabinet is an essential element of the Museum of Science of the University of Coimbra with worldwide importance because of its history, together with the instruments that compose it, that allow us to understand the evolution of science especially in the field of Physics during the eighteenth and the nineteenth centuries.

The Physics Cabinet's collection contains instruments designed to demonstrate through experimentation the various principles of Physics. They were once used as a teaching tool for several centuries, today are objects exposed in the rooms of the Physics Cabinet that can not be used due to its patrimonial value.

Through the understanding of learning methods in the museum space combined with interactive experiences it is proposed to create an application for mobile devices that simulates the use of instruments using Augmented Reality, allowing the user to virtually re-perform the experiments for which they were designed and thus to learn concepts of Physics.

KEYWORDS

Cabinet of Physics of the Museum of Science of the University of Coimbra, Interaction, Mobile Devices, Augmented Reality, Interactive Experience

ÍNDICE

Resumo e Palavras-chave	3
Abstract and Keywords	5
Índice	7
1. Introdução	10
1.1. Enquadramento	11
1.1.1. Motivação	13
1.2. Objectivos	15
1.2.1. Público-alvo	16
1.3. Abordagem Metodológica	17
1.3.1. Planeamento	18
1.4. Estrutura do Documento	18
2. Estado da Arte	20
2.1. Aprendizagem no Museu	20
2.1.1. Visitantes no espaço museológico	20
2.2. Dispositivos Móveis	23
2.3. Conclusões	26
3. Contextualização Histórica do Gabinete de Física	26
3.1. A Companhia de Jesus e a época pré-reforma do Ensino	28
3.2. O Colégio Real dos Nobres de Lisboa	29
3.3. A Reforma Pombalina da Universidade de Coimbra	30
3.4. O Gabinete de Física Experimental da Universidade de Coimbra	34
3.5. Os Instrumentos do Gabinete de Física	36
3.5.1. Os Números da Colecção de Instrumentos	38
3.6. O Engenho e a Arte	38
4. Projectos Relacionados	39
4.1. Jersey Heritage Virtual Pocket Museum	40
4.2. Viking Ghost Hunt	41
4.3. Dibujando al otro lado Museum	42
4.4. London Science Museum's 'Atmosphere: exploring climate science'	43
5. Desenvolvimento de Projecto Prático	44
5.1. Selecção de Instrumentos	45
5.1.1. Conjunto para Estudo da Porosidade	46
5.1.2. Duplo Cone e Réguas de Madeira Inclinadas	47
5.1.3. Autómato representando um Centauro	48
5.1.4. Aparelho destinado a ilustrar a deformação da Terra	49
5.1.5. Fonte de Compressão e Bomba	50
5.1.6. Eolípila	52
5.1.7. Espelho piramidal metálico com anamorfose	61
5.1.8. Máquina eléctrica de Nairne	61
5.1.9. Avaliação da Selecção	61
5.2. Concepção da Experiência	62
5.2.1. Primeira abordagem	62
5.2.2. Segunda abordagem	62
5.2.3. Terceira abordagem	62
5.2.4. Quarta abordagem	62
5.2.4.1. Protótipo de baixa fidelidade	62
5.2.5. Conclusões das abordagens tomadas	62
6. Produção do Protótipo Final	

- 6.1. Arquitectura da Aplicação
 - 6.1.1. Recompensa
- 6.2. Modelação de Instrumento
 - 6.2.1. Processo de Modelação
 - 6.2.2. Texturização do Modelo
 - 6.2.3. Iluminação
- 6.3. Componentes Gráficos
 - 6.3.1. Identidade Visual
 - 6.3.1.1. Logótipo
 - 6.3.1.2. Símbolos dos Temas
 - 6.3.1.3. Símbolos dos Instrumentos
 - 6.3.2. Narradora
 - 6.3.2.1. Expressões e Animações
 - 6.3.3. Index/Caderno
 - 6.3.4 Interface Gráfica
 - 6.3.4 Design da recompensa
- 6.4. Implementação do Protótipo
 - 6.4.1. Unity 3D/ Protótipo Funcional
 - 6.4.2. Animação do Instrumento
 - 6.4.3. Som da aplicação

7. Testes de Usabilidade

- 7.1. Tarefas
- 7.2. Resultados
- 7.3 Conclusões aos testes de usabilidade

8. Conclusão

- 8.1. Dificuldades sentidas
- 8.2. Trabalho Futuro

Bibliografia

Anexo A - Estudo da Narradora

Anexo B - Modelo tridimensional do Instrumento

Anexo C - Estudo do Layout

Anexo D - Guião do Narrador

-Os anexos têm que ser reorganizados

ÍNDICE DE FIGURAS

1. INTRODUÇÃO

É importante compreender a história do nosso país para encontrarmos casos únicos como o do Gabinete de Física Experimental de Coimbra. No ano da sua criação era comparável apenas ao da Universidade de Pádua tornando Gabinete de Física uma parte única do Museu da Ciência da Universidade de Coimbra, contendo séculos de história que são enriquecidos pelo vasto espólio que contém. Esta coleção está exposta no local onde eram leccionadas as aulas de Física Experimental durante o século XVIII e XIX, após a Reforma Pombalina da Educação. É essencial na compreensão da história da Ciência em Portugal e no mundo, porém passa despercebida face a outras atrações turísticas da Universidade de Coimbra.

O Museu da Universidade de Coimbra tem como edifício principal o Laboratório Chimico e no Colégio de Jesus, exatamente à sua frente, contém duas das mais importantes coleções que a Universidade de Coimbra tem, sendo elas a do Gabinete de Física e a do Gabinete de História Natural. A visita ao Gabinete de Física é feita de forma acompanhada, começando por uma introdução histórica do espaço seguida por uma visita guiada, quando a afluência do público é menor, ou por uma visita breve e livre, quando a afluência é maior. Na visita é possível observar vários instrumentos utilizados para o estudo da Física, fechados em grandes armários acompanhados de uma pequena legenda, o que sem qualquer tipo de guia torna difícil a compreensão da sua utilidade e do seu valor educativo e histórico.

Cada vez mais os museus adotam o uso de tecnologias para melhorar as suas exposições e atrair visitantes. No caso do Museu da Ciência da Universidade de Coimbra e da sua exposição permanente “Segredos da Luz e da Matéria”, patente no edifício designado por Laboratoria Chimico, foram recriadas experiências interativas através de meios mecânicos, complementadas por ecrãs tácteis onde é possível consultar imagens e descrições dos objectos expostos. No caso do Gabinete de Física é importante perceber que os instrumentos estão na sua grande maioria fechados dentro de vitrines sendo proibida a sua utilização devido ao seu valor histórico e patrimonial. Esta condição não permite qualquer interação física com os instrumentos, apenas a observação. Além disso, a grande maioria dos objectos expostos está identificada apenas com o seu nome e número identificador, carecendo de qualquer tipo de legenda ou explicação acerca do seu funcionamento ou da sua história.

Para expandir a experiência da visita ao Gabinete de Física e o conhecimento que retiramos dele é necessário a utilização de novos meios para introduzir uma nova experiência na visita que não se baseie meramente na observação mas também na interacção. Uma vez que é impossível interagir fisicamente com os instrumentos, a interação será simulada num espaço virtual através de dispositivos móveis que servirão de apoio ao visitante. A maioria da população tem acesso a este tipo de dispositivos o que revela que a criação de uma aplicação é uma solução de baixo custo face à recriação dos instrumentos e da experiência no mundo físico.

Através da criação de uma aplicação para dispositivos móveis à qual qualquer visitante do Museu da Ciência da Universidade de Coimbra tenha acesso, este poderá conhecer melhor o funcionamento dos instrumentos. Com a utilização de Realidade Aumentada os visitantes poderão transportar um dos instrumentos para uma simulação virtual num espaço tridimensional suportado pelo dispositivo móvel. Nesta experiência interativa será possível obter informação histórica, interagir com o instrumento, observá-lo de vários ângulos e realizar experiências que recriam o seu funcionamento e provam os fundamentos físicos para os quais foi criado.

O projecto prático incide na criação de uma aplicação para dispositivos móveis na qual é possível recolher informação sobre vários instrumentos do Gabinete de Física e interagir com um modelo tridimensional de um desses instrumentos. Foi registado todo o processo para que possa ser replicado posteriormente para os outros instrumentos. O instrumento

seleccionado é a uma das Máquinas Eléctricas de Nairne patente na exposição. A máquina escolhida (Fig. 1 e 2) é uma das peças que se encontra no centro da sala do século XIX do Gabinete de Física, tendo assim maior visibilidade, permitindo o seu posicionamento melhor acesso para recolher e documentar fisicamente o instrumento. Este instrumento foi escolhido também pela sua complexidade visual e pela sua utilidade que é exemplificar a geração de electricidade estática com métodos de fricção. Ao implementar esta experiência em dispositivos móveis é possível utilizar várias funções como o duplo toque, arraste e a vibração e a tecnologia de realidade aumentada para transmitir realismo e criar uma maior ligação entre os instrumentos e o utilizador.

O objectivo desta dissertação é criar uma aplicação que permita fundamentar conhecimentos ao visitante do Gabinete de Física, e utilizador da aplicação, traduzida assim numa maior compreensão do ensino da Física e da história da Universidade de Coimbra.



Fig. 1 - Máquina Eléctrica de Nairne, o instrumento que foi modelado para o projecto prático, presente na primeira sala do Gabinete de Física

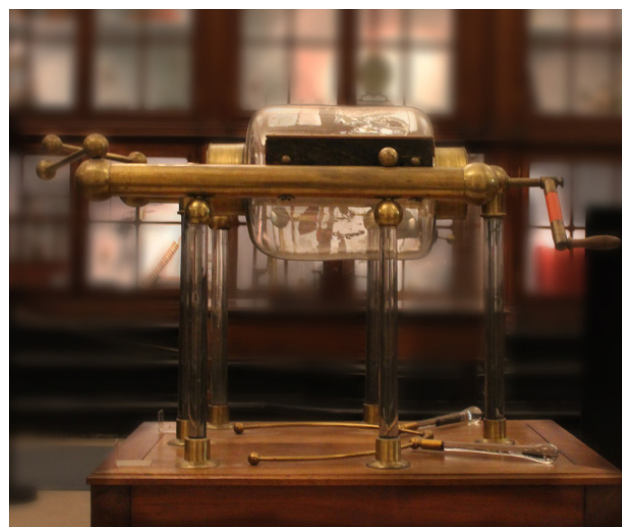


Fig. 2 - Máquina Eléctrica de Nairn, vista lateral. Este instrumento está no centro da sala do século XIX rodeada por outros instrumentos de grande escala

1.1. ENQUADRAMENTO

O Museu da Ciência é parte integrante da Universidade de Coimbra e alberga uma extensa coleção de objetos históricos recolhidos durante os longos anos de existência desta instituição. Este espólio representa anos de evolução e procura de conhecimento nas diversas áreas da Ciência como a Química, Física, Matemática, Astrologia ou Zoologia, tanto em Portugal como no resto do mundo. O Museu situa-se no Laboratório Chimico, com uma exposição permanente intitulada de 'Segredos da Luz e da Matéria' e um espaço dedicado a exposições temporárias, e engloba também o Gabinete de Física e o Gabinete de História Natural situados no antigo Colégio de Jesus, cuja visita é realizada apenas na companhia de um guia.

O Gabinete de Física, incluído no Museu da Ciência Universidade de Coimbra como anteriormente referido, contém uma vasta coleção de instrumentos utilizados no ensino e estudo da Física Experimental no século XVIII e XIX. Criado segundo as ordens do Marquês de Pombal em 1772, após a Reforma Pombalina da Educação, o Gabinete de Física e o seu conteúdo permanecem no local onde eram lecionadas as aulas de Física Experimental do curso da Faculdade de Philosophia da Universidade de Coimbra.

A visita ao Gabinete de Física é iniciada no Laboratorio Chimico onde o visitante é acompanhado por um guia até ao Colégio de Jesus, subindo uma escadaria para o primeiro piso

onde uma sala separa o Gabinete de Física, à direita, e o Gabinete de História Natural, à esquerda. Seguindo para a porta da direita, o visitante entra num auditório onde o guia fornece uma breve introdução e contextualização histórica e de seguida é encaminhado para as duas salas que constituem o Gabinete de Física, uma contendo instrumentos do século XVIII (Fig.3) e outra do século XIX (Fig.4). Estes estão expostos maioritariamente



Fig.3 - Sala com instrumentos do século XVIII onde é possível observar a maioria dos aparelhos dispostos dentro de armários.



Fig. 4 - Sala que contém instrumentos do século XIX. No centro estão dispostas máquinas de grandes dimensões utilizadas para o estudo da eletrostática.

dentro de armários envidraçados, os restantes espalhados pelo centro e cantos das salas devido às suas dimensões. A organização destes instrumentos corresponde à ordem com que eram lecionadas as várias temáticas da Física tais como a Porosidade, a Gravidade, a Atração, a Hidrostática, o Magnetismo e a Electricidade, nomeando apenas algumas.

O formato da visita varia dependendo da afluência dos visitantes. Durante os meses de maior afluência é dada a contextualização histórica do Gabinete de Física, como antes referido, e a visita é supervisionada mas livre durante cerca de dez minutos sendo o visitante guiado posteriormente para o Gabinete de História Natural, o que não permite grande aprendizagem acerca dos instrumentos e da sua funcionalidade. Por outro lado, durante os meses de menor afluência, a visita é feita totalmente na companhia de um guia e tem uma duração de sensivelmente quinze minutos. Neste caso é fornecida informação acerca do funcionamento de alguns dos instrumentos recorrendo ao relato das experiências realizadas com os mesmos, explicitando assim os princípios científicos que tentam provar o que permite uma maior consolidação de conhecimento.

O Gabinete de Física tem uma colecção de mais de quinhentos instrumentos que, apesar de nem todos estarem expostos, permite tornar o espaço num ambiente educativo. Estes instrumentos podem voltar a cumprir o objectivo para que foram criados e servir de plataforma para o ensino da Física. A visita supervisionada permite apenas a observação dos instrumentos enquanto a visita guiada facultava uma abordagem generalizada mas expositiva das várias temáticas da Física. Ambas carecem de um aprofundamento dos conhecimentos que os instrumentos podem fornecer quer pelo facto do elevado número de exemplares e características que têm, quer pelo facto de a visita ser curta, não dando tempo ao visitante de absorver informação.

Para assimilar o conhecimento que se pode retirar da visita ao Gabinete de Física é proposto conceber uma experiência que recrie o ambiente educativo e experimental para que o Gabinete de Física foi criado no século XVIII. Para isso, produzimos uma experiência educativa que permite demonstrar o funcionamento dos instrumentos e provar os princípios científicos que lhes estão associados de forma a fazer com que a visita seja um ponto de partida para a experimentação e aprendizagem, transformando-a numa experiência interativa e não só expositiva.

1.1.1. MOTIVAÇÃO

Partindo da proposta da dissertação que visa criação de uma versão virtual do Gabinete de Física, complementada pelas visitas ao espaço e à exploração da sua história, tornou-se claro que o que torna este espaço único é a sua variada colecção de instrumentos didáticos.

Estes instrumentos despertam curiosidade a qualquer visitante do Gabinete de Física tanto pelo seu cariz visual como pela sua funcionalidade que passa para segundo plano devido à limitada interacção que podemos ter com os mesmos. Para reformular esta experiência devemos ter em conta o espaço onde o Gabinete de Física está inserido e como não perturbá-lo e para isso é importante recorrer a diferentes meios e adicionar algo à já existente visita.

A utilização de dispositivos móveis aliada à realidade aumentada serve como base para a criação de uma narrativa exploratória e explicativa da funcionalidade dos instrumentos do Gabinete de Física. Esta solução permite que o espaço se mantenha inalterado mantendo a sua essência e que o custo para o Museu da Ciência da Universidade de Coimbra seja reduzido em termos de compra de novo material uma vez que a maioria da população tem acesso a dispositivos móveis.

A utilização de meios digitais permite adicionar a informação em falta no Gabinete de Física sem alterar o espaço nem tornar a difusão de conhecimento invasiva. Ao utilizar a aplicação o visitante pode tomar rédeas no processo de aprendizagem e avançar conforme o seu passo, tornando a experiência pessoal.

1.2. OBJETIVOS

Esta dissertação tem como objectivo a criação de uma aplicação para dispositivos móveis que complemente a visita ao Gabinete de Física, permitindo uma experiência interativa com os instrumentos como meio de disseminação e consolidação de conhecimento científico.

Esta aplicação poderá incluir vários instrumentos seleccionados sendo que cada um deles deverá representar uma das áreas de estudo leccionadas no Gabinete de Física durante o século XVIII e XIX. A abordagem tomada deverá introduzir as temáticas e aprofundá-las utilizando como exemplo o instrumento e servir de plataforma para um futuro estudo dessa mesma vertente.

A aplicação foi desenvolvida recorrendo a tecnologia para dispositivos móveis como a Realidade Aumentada para que seja possível ao utilizador seleccionar directamente um instrumento ao dirigir-se ao mesmo e ver no seu dispositivo móvel uma representação tridimensional do mesmo.

A interacção divide-se em duas vertentes: a primeira explicativa, recorrendo a contextualização histórica e exposição científica dos conceitos do seu funcionamento, e a segunda interativa na qual o utilizador poderá observar o aparelho de vários ângulos e realizar uma experiência com o mesmo. A experiência foi concebida com recurso à informação recolhida sobre o respectivo instrumento e teve em conta a sua veracidade científica.

O elevado número de instrumentos presentes na colecção do Gabinete de Física revelou a necessidade de fazer uma selecção dos aparelhos com maior potencial para o desenvolvimento da experiência e inclusão na aplicação. A partir desta selecção foi escolhido apenas um instrumento para o qual foi desenvolvida toda a experiência interativa.

Num cenário ideal seriam desenvolvidas e incluídas na aplicação experiências para todos os instrumentos do Gabinete de Física. No entanto, sendo este um objetivo inalcançável dentro do tempo para a realização da dissertação, é essencial focar o desenvolvimento num só instrumento. Com tempo ilimitado, o processo de concepção da experiência interactiva seria aplicado nos restantes instrumentos permitindo incluir as diferentes temáticas na aplicação.

1.2.1 PÚBLICO-ALVO

O Museu da Ciência da Universidade de Coimbra teve no ano de 2017 cerca de 70 mil visitantes, não existindo número exacto para a quantidade de visitantes que realizaram também ou exclusivamente a visita ao Gabinete de Física. O público visitante do Gabinete de Física fá-lo, na sua maioria, porque o bilhete está inserido no bilhete turístico intitulado Do Paço ao Colégio que engloba a visita ao Paço Real, à Capela de São Miguel, a Biblioteca Joanina e ao Museu da Ciência, que inclui também o Colégio de Jesus onde se situam o Gabinete de Física Experimental e o Gabinete de História Natural. A maioria das visitas são feitas por famílias e, além do público português, os principais visitantes estrangeiros são turistas de nacionalidade espanhola, francesa, italiana e brasileira. Durante os meses de Junho e Julho parte dos visitantes são turmas de alunos do 9º ano de escolaridade ou anterior. O Gabinete de Física encontra-se aberto para visitas durante todo o ano e a visita é guiada durante os meses de menor afluência e apenas supervisionada durante os meses de maior afluência de visitantes.

O público-alvo da aplicação criada nesta dissertação são os visitantes que pretendem usar o Gabinete de Física como ferramenta educativa, permitindo aos pais e educadores o cultivo da curiosidade. Desta forma as idades apontadas como utilizador alvo o público

infanto-juvenil que já têm uma componente científica na escola e está predisposto ao uso de tecnologias como meio de entretenimento. Desta forma as idades depreendidas entre os 7 e 15 anos, com alunos do 1º, 2º e 3º ciclo englobados (ver nota lateral dos planos de estudo das componentes científicas), são o foco desta aplicação. Procura-se fazer uma ponte entre a componente científica das disciplinas escolares e os conhecimentos acerca de outras vertentes da ciência obtidos na visita ao Museu da Ciência. Com o apoio e chamativo de uma aplicação móvel pretende-se dar a conhecer o funcionamento dos vários instrumentos e permitir a aquisição de conhecimento adicional ao fornecido pelo guia. Esta ferramenta será importante na contextualização das várias vertentes científicas da Física abordadas durante a visita simulando experiências com os vários instrumentos e permitirá a consolidação de conhecimento após a visita. Apesar desta aplicação ser destinada a este público infanto-juvenil não impede outras faixas etárias de utilizarem a aplicação e desfrutarem deste apoio à visita.

1.3. ABORDAGEM METODOLÓGICA

O início deste projecto foi o levantamento dos vários instrumentos do Gabinete de Física e a selecção de uma pequena lista de exemplares que foi finalmente reduzida a um só aparelho que foi foco de todo o projecto. Após esta escolha foi necessário aprofundar e registar a história do instrumento e compreender o seu funcionamento. Para tal, foram necessárias reuniões com os responsáveis do Museu da Ciência da Universidade de Coimbra, com os curadores do Gabinete de Física e com especialistas em Física, com a finalidade de garantir a veracidade da experiência a ser simulada na aplicação e garantir a sua precisão científica.

Para a conceptualização da aplicação e da experiência foi necessário recolher e estudar casos semelhantes de utilização de Realidade Aumentada e de dispositivos móveis como meio de interacção com exposições ou objetos em museus. Seguiu-se a estruturação da aplicação e elaboração da experiência, a prototipagem em papel e os primeiros testes de usabilidade. Os resultados permitiram identificar as falhas na experiência para posteriormente se poderem simplificar algumas das componentes que causaram confusão durante os testes. O design do interface gráfico teve em conta a temática do Gabinete de Física e focou-se na interacção com o objecto que a aplicação permite.

Partindo do registo e recolha fotográfica do instrumento escolhido foi iniciada a modelação tridimensional do mesmo. Este modelo foi utilizado na implementação da aplicação na qual foi recriada a experiência com o instrumento num ambiente virtual. Aliando a experiência interativa à interface gráfica, foi desenvolvido um protótipo funcional que posteriormente foi alvo de testes de usabilidade cujos resultados permitiram identificar erros, melhorar a experiência ou, em caso de uma falha severa, refazer a componente não funcional. Durante este processo foram documentadas todas as suas fases e os respectivos problemas, soluções e resultados obtidos no seu desenvolvimento.

1º Ciclo

1º, 2º, 3º e 4º Ano - Estudo do Meio.
Mínimo 3 horas semanais.

2º Ciclo

5º e 6º Ano - Ciências Naturais.
Mínimo 100 minutos semanais

3º Ciclo

7º, 8º e 9º Ano - Ciências Naturais e Físico-Química. Mínimo de 270 minutos semanais dividido entre os dois.

Secundário

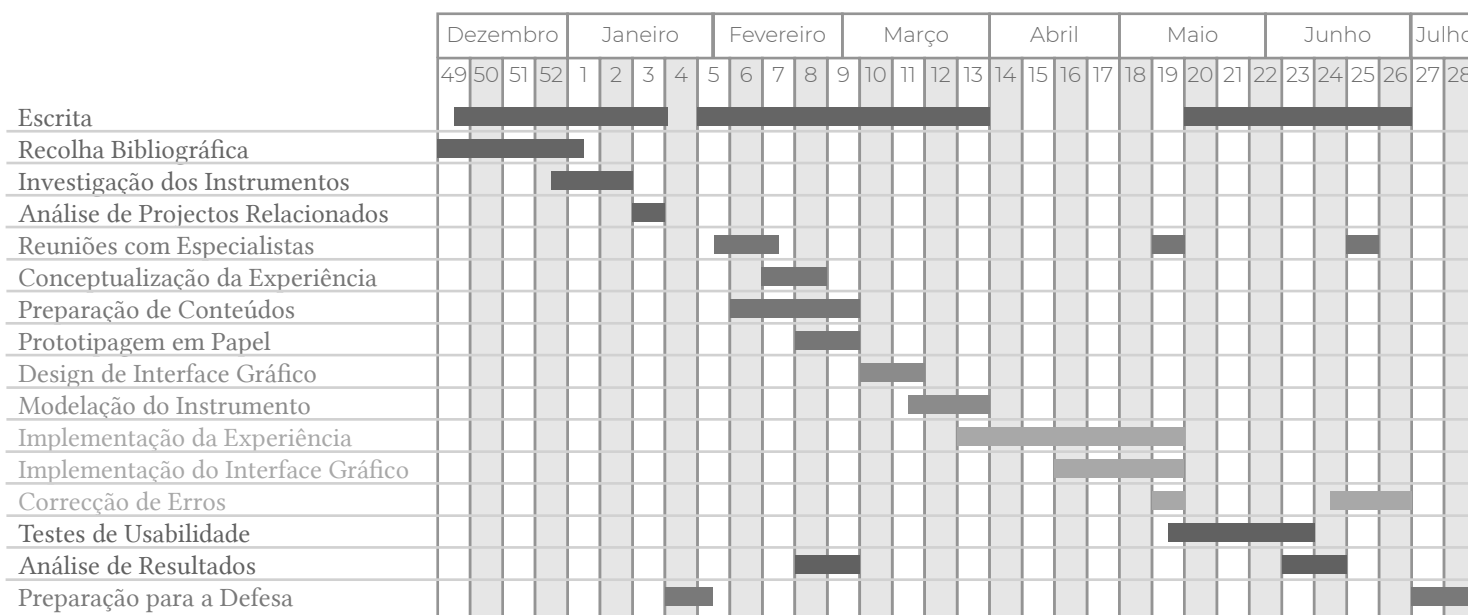
10º e 11º Ano - Física e Química A. Mínimo 270 ou 315 minutos semanais.

12º Ano - Física - Mínimo 150 minutos semanais.

Plano de estudos retira de:

<http://www.dge.mec.pt/curriculo-nacional-dl-1392012>

1.3.1 PLANEAMENTO



Planeamento antigo tem que ser refeito e inserido o tempo real de cada tarefa

1.4. ESTRUTURA DO DOCUMENTO

Este documento está organizado em sete capítulos que devem ser lidos sequencialmente para compreender na totalidade o trabalho e a sua concepção.

A Introdução, que é simultaneamente o 1º capítulo, descreve sumariamente o projeto desenvolvido, contextualizando as temáticas abordadas, o objectivo desta dissertação e a abordagem metodológica utilizada durante este processo.

No 2º Capítulo, intitulado Estado da Arte, apresenta uma análise de métodos de aprendizagem nos Museus, assim como analisa a caracterização dos visitantes dos Museus. Posteriormente apresenta um resumo da história dos dispositivos móveis, assim como um ponto de situação sobre as tecnologias contemporâneas.

O 3º capítulo é uma Contextualização da Histórica do Gabinete de Física na qual é descrito o desenvolvimento do espaço, a sua utilização e a importância que esta sala tem no panorama educativo e científico português durante o seu funcionamento.

No 4º capítulo é realizado um estudo de Projectos Relacionados com o trabalho prático desenvolvido nesta dissertação, como exposições interactivas e narrativas através de realidade aumentada.

No 5º capítulo, o Desenvolvimento da Aplicação, é descrito o processo de selecção dos instrumentos utilizados na aplicação e as fases necessárias para o desenvolvimento do protótipo final da aplicação.

O 6º capítulo foca-se na Produção do Protótipo final no qual é relatada a produção dos diferentes materiais utilizados para criar o protótipo funcional. Estes materiais incluem o modelo tridimensional do instrumento, a ilustração da narradora e os diferentes componentes do interface gráfico.

No 7º capítulo são descritas as diferentes Tarefas dos Testes de Usabilidade e os resultados obtidos e como estes influenciaram as alterações na aplicação.

O 8º capítulo é a Conclusão do projecto nas quais são tecidas considerações finais acerca de todo este processo. São apresentadas também as dificuldades sentidas durante o processo de produção da aplicação e o trabalho que posterior que permite a continuação do projecto.

2. ESTADO DA ARTE

No estado da arte é abordado a temática da aprendizagem no espaço museológica e a forma como esta é influenciada por diferentes factores, não individuais. É também descrita a história dos dispositivos móveis e de como estes influenciam a difusão de informação e conhecimento pelo mundo

2.1. APRENDIZAGEM NO MUSEU

Uma visita a um museu pode partir de inúmeras situações mas tem como resultado a aquisição de algum tipo de conhecimento. São vários os factores que influenciam a aprendizagem no museu e que dependem não só do visitante como da própria experiência proporcionada pela visita. Para criar uma nova experiência num espaço educativo, como um museu, é necessário compreender as idiosincrasias de cada visitante e compreender a influência que é possível exercer sobre os mesmos para que estes façam sentido de toda a informação que adquirem durante uma visita, e ter como resultado a fundamentação do conhecimento que o museu proporciona. A aprendizagem não pode ser descrita como um fenómeno instantâneo mas sim como processo acumulativo de aquisição e consolidação de informação, onde existe um esforço para tentar dar sentido ao conhecimento assim que criadas oportunidade para o fazer (Falk e Storksdieck, 2005 p.120-121). O foco será compreender os visitantes de museus, especialmente o de museus de ciência, e a forma como se aprende a partir dessa experiência.

2.1.1. VISITANTES NO ESPAÇO MUSEOLÓGICO

Compreender os visitantes do museu requer a percepção das suas intenções ao visitá-lo, o que, por sua vez, permite analisar a forma como aprendem na visita. John H. Falk (2013) define que as condições de entrada neste espaço estão intensamente relacionadas com as expectativas pessoais para a visita. Os visitantes criam um modelo mental do que será visitar o museu através da compreensão do que a visita pode oferecer, em conjunto com as necessidades que pretende satisfazer ao visitá-lo. Este conceito ajuda a compreender que a experiência de visita a um museu é dinâmica e efêmera, decorrente de uma relação criada sempre que alguém visita o museu, o que faz com que a mesma pessoa em dois dias diferentes possa ser um visitante diferente, tendo uma expectativa para a visita completamente diferente. Desta forma, parâmetros de estudo demográfico como idade, género, nacionalidade, nível de educação e frequência de visita ajudam a compreender que tipo de público visita o museu mas não a interpretar que tipo de experiência o museu lhes proporciona, uma vez que cada visitante é único. Falk (2013 p.110-111, 117) considera que apesar de teoricamente existirem infinitas motivações relacionadas à identidade do visitante, as razões pelas quais as pessoas visitam museus caem sobre sete categorias básicas: Estas categorias servem para compreender a forma como as necessidades relativas à identidade de cada visitante influenciam a visita ao museu e não para identificar tipos de visitantes. As categorias não se verificam apenas nos visitantes de museus uma vez que qualquer indivíduo pode ter estas necessidades ao praticar uma actividade do seu interesse. Contudo, quanto mais próxima for a relação entre a percepção da visita realizada ao museu e as expectativas do visitante para a ida ao museu, maior será a possibilidade do visitante considerar a experiência como boa e de voltar a visitar ou incentivar outros para o fazer.

Os visitantes utilizam os museus para satisfazer interesses próprios e através da visita complementar conhecimento, ideias ou conceitos. A qualidade da exposição e experiência proporcionada pelo museu influencia a forma como os visitantes consolidam a informação obtida. A maioria dos museus da ciência têm uma abordagem de escolha livre, na qual os visitantes podem escolher as temáticas que querem explorar. Na maioria das vezes estes

Explorers: Visitors who are curiosity-driven with a generic interest in the content of the museum. They expect to find something that will grab their attention and fuel their learning.

Facilitators: Visitors who are socially motivated. Their visit is focused on primarily enabling the experience and learning of others in their accompanying social group.

Professional/Hobbyists: Visitors who feel a close tie between the museum content and their professional or hobbyist passions. Their visits are typically motivated by a desire to satisfy a specific content-related objective.

Experience Seekers: Visitors who are motivated to visit because they perceive the museum as an important destination. Their satisfaction primarily derives from the mere fact of having ‘been there and done that’.

Rechargers: Visitors who are primarily seeking to have a contemplative, spiritual and/or restorative experience. They see the museum as a refuge from the work-a-day world or as a confirmation of their religious beliefs.

Affinity Seekers: Visitors come to the museum because it speaks to their sense heritage and/or personhood.

Respectful Pilgrims: Visitors come to the museum because they possess a sense of duty or obligation. They see their visit as a way to honour the memory of those represented by the institution/memorial.

visitantes tendem para algo que já conhecem ou lhes interessa especificamente. Isto faz com que seja difícil registar a eficácia de uma exposição em termos educativos já que pode ter diferente impactos sobre visitantes com diferentes tipos de conhecimento. Exposições que são concebidas para o público geral são muitas vezes falíveis, uma vez que experiências *one size fits all*, como descritas por Falk, não funcionam igualmente para todos os visitantes uma vez que o conteúdo pode ser orientado para alguns destes visitantes mas falhar completamente para outros sem conseguir deixar uma marca relevante durante e após a visita (Falk, 2013 p.22).

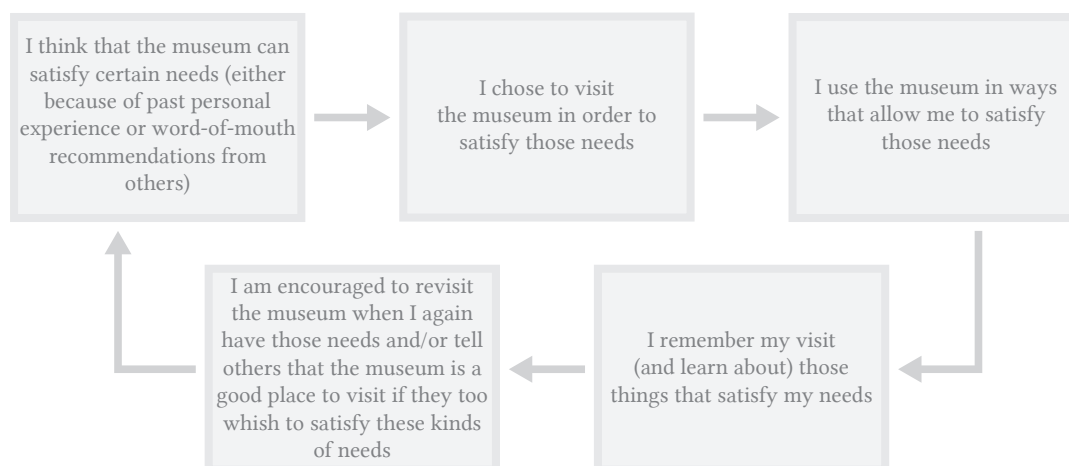


Fig. 5 - Museu Experience Cycle (Falk,2013 p.120). As expectativas do visitante aliadas às suas intenções pessoais constroem a experiência no museu e podem levar à satisfação individual dos objetivos, à revisita e à sugestão de visita a outras pessoas.

Falk define quatro factores que influenciam a memória de uma visita a um museu: coisas que suportam os interesses e necessidades, coisas que são novidades, coisas que tenham alto valor emocional para o indivíduo e coisas que sejam suportadas por experiências posteriores (2013 p.109). Estas memórias poderão então ser transformadas em conhecimento adquirido que, por sua vez, pode-se traduzir em dois níveis distintos: o primeiro onde se aprendem ideias generalizadas de uma matéria; o segundo no qual é dada maior importância a conceitos específicos e factos idiossincráticos. A aquisição de conhecimento depende das condições em que ocorre e, como já antes descrito, trata-se de um processo de contextualização entre o indivíduo e o seu meio envolvente, nomeadamente nos contextos *pessoal, sociocultural e físico* (Falk e Storksdieck, 2005 p.120-121). Estes conceitos não estão

Contexto Pessoal – representa toda a história pessoal e genética que um indivíduo transporta para uma situação de aprendizagem na qual se espera que seja altamente pessoal e fortemente influenciada pelos conhecimentos prévios e pelo desejo de seleccionar e controlar a sua aprendizagem.

1. Motivation and expectations (Motivação e Expectativas)
2. Prior knowledge and experience (Conhecimento e Experiência Prévia)
3. Prior interests and beliefs (Interesses e Crenças Prévias)
4. Choice and control (Escolha e Controlo)

Contexto Sociocultural – influenciado pela educação e cultura do indivíduo, pela interacção entre o grupo de acompanhantes durante a visita ou actores externos.

5. Within-group social mediation (Mediação Social Intra-grupo)
6. Facilitated mediation by others (Mediação facilitada por outros/outrém)

Contexto Físico – a aprendizagem surge do diálogo entre o indivíduo e o espaço físico e é expectável que o visitante interaja com o espaço de livre vontade, embora guiado pelo design da exposição. Para consolidação do conhecimento, as informações adquiridas durante a visita devem ser posteriormente reiteradas e complementadas por experiências num contexto exterior ao museu.

7. Advance organizers (Organizadores Avançados)
8. Orientation to the physical space (Orientação no espaço físico)
9. Architecture and large-scale environment (Arquitectura e Ambientes de grande escala)
10. Design of exhibits and content of labels (Design das exposições e conteúdo das legendas)
11. Subsequent reinforcing events and experiences outside the museum (Eventos e experiências de reforço fora do museu)

fixos e sofrem alterações durante a vida de um indivíduo e englobam um número reduzido de factores que permitem compreender a que nível existe aprendizagem num museu, ainda que existam muitos outros factores que influenciam directamente ou indirectamente o processo de aprendizagem. Estes onze factores foram definidos por Falk e Sorksdieck (2005 p.122-125) e são organizados em dentro de três categorias:

Nenhuma destas variáveis emerge como unicamente importante na análise da aprendizagem dos visitantes. O conhecimento prévio de uma temática numa exposição influencia a forma como o visitante experiencia o museu. Contudo, mesmo que certas variáveis se denotem mais que outras em certos tipos de visitantes, todas devem ser consideradas de forma a compreender a complexidade da experiência museológica.

2.2. DISPOSITIVOS MÓVEIS

O foco desta secção é explicar a evolução e a história dos dispositivos móveis, especialmente dos telemóveis que constituem a maioria destes dispositivos. Brian Fling (2009) foca-se em cinco categorias que definem a evolução dos dispositivos móveis, especificamente dos telemóveis. As cinco categorias são:

Brick Era (1973–1988)

Em 1973 Martin Cooper cria o protótipo DynaTAC (Dynamic Adaptive Total Area Coverage) que só em 1983 começa a ser produzido e comercializado pela Motorola com o nome The Motorola DynaTAC 8000X, sendo considerado o primeiro telemóvel. Por outro lado eram comercializados os primeiros telefones portáteis que estavam ligados por fio a uma bateria de grandes dimensões,, intitulados de telefones de mala. Utilizavam a elevada potência da bateria para comunicar com as torres de rede que na altura eram escassas.

Com o passar do tempo, o tamanho destes telefones foi diminuindo uma vez que foram sendo instaladas mais torres de comunicação que reduziram a distância entre os dispositivo e o sinal, permitindo a utilização de baterias menores.

Candy Bar Era (1988–1998)

A diminuição de tamanho dos aparelhos devido ao acesso à rede mais regularizado permite a que estes possam ser transportados dentro de um bolso. Candy Bar é o termo utilizado para descrever dispositivos móveis retangulares, longos e finos. Os fabricantes começaram a aperceber-se do lucro que estes dispositivos traziam, melhoraram o seu serviço introduzindo o SMS (Short Message Service) que inicialmente servia para que o operador da rede enviasse notificações aos clientes acerca das mensagens de voz recebidas ou outros assuntos. Os utilizadores aperceberam-se que podiam comunicar através de SMS gratuitamente, advindo este erro de um descuido por parte das operadoras, o que criou uma alternativa aos telefonemos caros da altura.

Feature Phone Era (1998–2008)

Durante esta altura foram introduzidas no telemóvel várias aplicações e serviços, que até então serviam essencialmente para realizar chamadas de voz e enviar mensagens de texto. Foram incorporadas câmaras fotográficas nestes dispositivos devido ao interesse crescente na fotografia digital, adicionadas aplicações para ouvir música e implementado um sistema que permitia o uso da internet. Os serviços de internet tinham preços elevados e as aplicações que a utilizavam não estavam optimizadas o que levou a pouca utilização. As companhias optaram por criar conteúdo descarregável e pago, como toques para o telemóvel, papéis de parede, jogos e aplicações, que era vendidos através dos portais das operadoras.

Smartphone Era (2002-presente)

Os smartphones têm as mesmas funcionalidades dos *feature phones*, contudo possuem ecrãs maiores, teclados QWERTY e alguns um *stylus* utilizado como ferramenta de input no ecrã semelhante a um PDA. Em 1998 a Nokia, Motorola, Ericsson e Psion juntaram-se para criar um sistema operativo para smartphones denominado Symbian OS, hoje em dia exclusivamente da Nokia com gestão da Accenture, que se tornou o mais utilizado em dispositivos móveis até 2010. Durante estes anos a Nokia melhorou a qualidade destes dispositivos, transformando os smartphones em pequenos computadores portáteis.

Touch Era (2007-presente)

Em 2007 é lançado o iPhone que viria a definir o actual dispositivo móvel. Juntando tecnologia de touchscreen ao design cuidado este dispositivo facilita a utilização das suas funcionalidades e aplicações. Durante os meses que se seguiram verificou-se que os utilizadores de iPhone utilizavam muito mais as aplicações do dispositivo que os utilizadores de telefones de outra marca. Os utilizadores de iPhone usavam-no para ler notícias, pesquisar, ouvir música, ver vídeos ou televisão, o que levou à conclusão geral de que um telefone serve para muito mais do que fazer chamadas e mandar mensagens, sendo um complemento e facilitador do dia-a-dia. O grande número de aplicações disponíveis na AppStore fortaleceu ainda mais a posição da Apple no mercado permitindo ao público comprar e personalizar ainda mais o seu dispositivo. Nos anos que se seguiram as outras marcas introduziram lojas para os seus sistemas operativos. Em 2008 a Google lança o seu sistema operativo para dispositivos móveis e no espaço de dois anos ultrapassou o número de utilizadores de Symbian OS tornando-se desde então o sistema operativo móvel mais usado no mundo

3. CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA DO GABINETE DE FÍSICA

O Gabinete de Física Experimental situa-se, juntamente com o Gabinete de História Natural, num edifício denominado Colégio de Jesus, reconstruído ao abrigo da Reforma Pombalina da Educação para alojar as novas instalações de suporte à então criada Faculdade de Filosofia da Universidade de Coimbra. Situado frente a frente com o Laboratório Chimico, é parte do Museu da Ciência da Universidade de Coimbra, sendo casa não só das coleções de Física e Zoologia, como de Geologia, Mineralogia e Paleontologia (Simões, 2013). A coleção do Gabinete de Física é vasta e contém instrumentos que datam do século XVIII e XIX que permitem compreender os avanços no estudo da Física ao longo deste período e até mesmo no início do século XX. A coleção original de aparelhos que compunha o espólio inicial do Gabinete de Física provém do Colégio dos Nobres de Lisboa e foi crescendo ao longo dos vários anos de funcionamento depois da encomenda e aquisição de novos instrumentos a vários criadores e estudiosos das principais universidades europeias para que Portugal acompanhasse as evoluções no estudo da Física.

3.1. A COMPANHIA DE JESUS E A ÉPOCA PRÉ-REFORMA DO ENSINO

Para compreender a origem do Gabinete temos que olhar para o estado da educação em Portugal, como descreve Rómulo de Carvalho (Carvalho, 1997, p. 33). Durante mais de duzentos anos, do século XVI ao século XVIII, a educação esteve quase na totalidade a cargo da Companhia de Jesus, maioritariamente os estudos menores, que englobam o ensino primário e secundário, havendo ainda alguma influência no ensino superior. O conteúdo educativo baseava-se nos ensinamentos de Aristóteles adaptados aos dogmas cristãos por S. Tomás de Aquino no século XIII. Após aprovação da Igreja Romana, a sua obra tornou-se um guia para os ideais incontestáveis que se praticavam nas escolas sendo posteriormente adaptada em Portugal, criando-se compêndios cujos “textos, dada a excelência das suas qualidades, pedagógica e doutrinal, tornaram-se universais, valorizando assim, no mundo, os mestres jesuítas portugueses, que ficaram na História com o nome respeitado de Conimbricenses por ser em Coimbra que exerciam a sua docência, no Colégio das Artes.” (Carvalho, 1997, p. 34). Nestes compêndios eram sistematizados os ensinamentos que deviam ser praticados de forma a manter a pureza dos ideais aristotélicos que incluíam a Lógica, a Metafísica e a Física, entre outros assuntos.

Numa época em que os avanços científicos eram cada vez mais notáveis, às mãos de Descartes, Newton, Gassendi, Galileu entre outros, a doutrina mantinha-se imutável, fechada a qualquer novo pensamento. Em 1746 é publicado pelo reitor do Colégio das Artes em Coimbra, o padre jesuíta José Veloso, um edital que proibia a investigação e o conhecimento dos ideais defendidos por personalidades como referidas anteriormente ou qualquer outra cujos pensamentos se opusessem à doutrina aristotélica. Ainda assim estes novos avanços eram estudados e analisados cuidadosamente para que pudessem ser refutados segundo a doutrina jesuíta com justificação plausível e aos poucos começaram a surgir dentro da ordem jesuíta indivíduos que apoiavam estas novas doutrinas, começando a manifestar-se as primeiras quebras na Companhia de Jesus.

Ao mesmo tempo que a doutrina aristotélica era difundida nas escolas portuguesas, existia uma vertente oposta, a Congregação do Oratório de S. Filipe de Néri “que desde cedo abraçaram a Física Moderna expondo-a nas suas escolas e defendendo-a nos seus escritos” (Carvalho, 1997, p. 36). Apesar de serem uma oposição ao movimento jesuíta, os oratorianos não se opunham aos ensinamentos aristotélicos mas sim às interpretações que tornavam os dogmas quase irreconhecíveis. A sua presença era muito menor que a dos jesuítas fazendo-se notar através das novas ideologias que adotaram abrindo lentamente a

mente dos portugueses, após quase dois séculos de saturação jesuítica. Um aspecto notável que levaram a esta notoriedade foram as “sessões de divulgação da Física Experimental, onde ocorriam as pessoas letradas e as da aristocracia, surpreendendo-as com o efeito inesperado e com a interpretação filosófica das experiências publicamente efetuadas, e inclinando-as a enviarem seus filhos e parentes em idade escolar a frequentarem as aulas ministradas pelos mestres da Ordem” (Carvalho, 1997, p. 37).

D. João V, então rei de Portugal, compreendia ambas as partes deste conflito e decidiu conceder os mesmos privilégios e suporte a ambas as ordens religiosas. Ainda que fortemente enraizados na corte e com grande influência nas matérias do país, a Companhia de Jesus nada pôde fazer contra esta decisão. A sociedade estava em mudança e por um lado debatia-se uma ordem cuja doutrina aristotélica não aceitava qualquer progresso ou nova ideia, e por outro uma ordem que defendia as novas vertentes da Filosofia Moderna que era praticada no resto da Europa. Esta situação condenou o fim do sistema jesuíta e enquanto perdiam influência, subiu ao poder o Marquês de Pombal que decretou, em 1759 a expulsão da Companhia de Jesus de todo o território do império português. Com a partida dos jesuítas, as escolas dos estudos menores ficaram sem a maior parte do apoio o que congelou o ensino em Portugal. Isto levou a que se procurasse uma nova solução dando origem à Reforma Pombalina do Ensino que pretendia apagar qualquer vestígio do que tinha sido feito previamente pelos jesuítas e criar novas bases para uma educação moderna que estivesse ao nível da Europa daquele tempo.

3.2. O COLÉGIO REAL DOS NOBRES DE LISBOA

O início da reforma no ensino em Portugal é marcado pela criação do Colégio Real dos Nobres de Lisboa em 1761, destinado a estudantes nobres com idades entre os sete e treze anos já com capacidade de ler e escrever. Este novo Colégio pretendia criar hábitos de trabalho e obediência que uma educação familiar não conseguia promover ensinando não só as disciplinas literárias como as científicas. A Física é tomada como uma disciplina separada da dita Filosofia, “contemplada nos seus aspectos teórico e prático: neste, com a designação de Física Experimental; naquele, separada em Mecânica, Estática, Hidrostática, Hidráulica e Óptica” (Carvalho, 1997, p.39). Para complementar esta área de estudo, foram encomendados e mandados construir materiais didáticos, constituindo assim um Gabinete de Física Experimental ao nível do que existia na Europa (Carvalho, 2001).

A expulsão dos jesuítas levou à estagnação do ambiente pedagógico nacional criando um ambiente apático e vazio nos círculos estudiosos. Isto fez com que os professores contratados viessem quase na totalidade do estrangeiro, especialmente de Itália. Durante vários anos esperaram a abertura do Colégio dos Nobres, voltando alguns à sua pátria uma vez que estavam inativos em Portugal, contratando-se outros no seu lugar. Foi nesta situação que veio para Portugal o professor Giovanni Antonio dalla Bella, figura importante na história da criação do Gabinete de Física em Coimbra (Martins, 2013 p.68).

O Colégio dos Nobres acabou por abrir a 19 de Março de 1766 com apenas vinte e quatro matrículas preenchidas das cem disponíveis. O funcionamento do Colégio nunca foi o melhor, surgindo problemas disciplinares entre os alunos seguidos pelas atitudes de alguns dos professores, que durante anos suportaram atrasos nos ordenados, acabando alguns deles por voltar à sua pátria (Carvalho, 2001 p.451). Os problemas não eram apenas a nível pessoal, uma vez que o programa era pesado e os alunos não tinham preparação para algumas das disciplinas, principalmente a Física, que requer fundamentos de Matemática. A disciplina de Física acabou por ser leccionada parcialmente durante dois anos até que a 10 de Novembro de 1772 foi abolida o ensino das disciplinas científicas pelas causas acima referidas e pela falta de docentes (Carvalho, 1997, p.39-40). A partir deste momento o Colégio praticou apenas o ensino literário até ao ano do seu encerramento, de 1837 (Carvalho, 2001 p.451).

3.3. REFORMA POMBALINA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Após a criação do Colégio dos Nobres, o Marquês de Pombal virou a sua atenção para o ensino superior, para a Universidade de Coimbra que, apesar de não ter sofrido com a expulsão da Companhia de Jesus, ministrava segundo matérias e métodos antiquados e obsoletos. Segundo Décio Martins, pretendia-se que “a nova Universidade deveria assumir a vanguarda científica e pedagógica, desempenhando um papel interveniente e com profundos reflexos na vida social, económica e tecnológica” (Martins, 2013, p.68). Para isto, o Marquês organizou uma junta, denominada de Junta de Providência Literária, composta por personalidades de sua confiança, maioritariamente anti-jesuítas, para que se apurasse as razões das falhas programáticas das várias faculdades e se arranjassem soluções. Esta Junta acabou por publicar, dois anos depois da sua criação, três grandes volumes que constituíam os Estatutos da Reforma Pombalina. Neles foram anunciadas e descritas as seis novas Faculdades: Teologia, Cânones, Leis, Medicina, Matemática e Filosofia, revelando assim uma reforma sem precedentes ultrapassando todo o pensamento e método antigo. Foi nas três últimas faculdades referidas que se observaram as maiores inovações, dando grande importância ao ensino científico, através de uma metodologia experimental complementada pela componente teórica, para que se fosse possível colocar Portugal a par das maiores potências europeias.

Foram elaborados planos para albergar novas instalações para a Universidade de Coimbra, reorganizando a alta da cidade e “assim foram criados, para a Medicina, o Hospital Escolar, o Teatro Anatómico e o Dispensário Farmacêutico; para a Matemática, o Observatório Astronómico; para a Filosofia, o Gabinete de História Natural, o Jardim Botânico, o Gabinete de Física Experimental (...) e o Laboratório Químico” (Carvalho, 2001 p. 466). Rómulo de Carvalho assinala ainda que “Houve, na verdade, um empenhamento decidido em transformar radicalmente as estruturas antiquadas, ineficazes, anacrónicas, do nosso ensino universitário, totalmente incapazes de responderem às solicitações de uma época em que as técnicas começavam a intervir deliberadamente no contexto social e a investigação científica a organizar-se como tarefa indispensável.” (Carvalho, 2001). As aulas começaram em Novembro de 1772 nas Faculdades de Teologia, Cânones, Leis e Medicina, e um pouco mais tarde na de Matemática. As aulas do curso da Faculdade de Filosofia começaram só em Junho de 1773 devido a atrasos na preparação do espaço e materiais do Gabinete de Física, como irei esclarecer.

3.4. O GABINETE DE FÍSICA EXPERIMENTAL DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA

O Gabinete de Física é criado e inserido na Faculdade de Filosofia como suporte para a aprendizagem da disciplina de Física assim como podemos ler, referenciados por Décio Martins (Martins, 2013, p. 73), nos Estatutos da Universidade de 1772, “Para que as Lições de Fysica, que mando dar no Curso Filosofico da Universidade, se façam com aproveitamento necessário dos estudantes; os quaes não sómente devem ver executar as Experiencias, com que se demonstram as verdades até o presente, conhecidas na mesma Fysica; mas também adquirir o habito de as fazer com sagacidade, e destreza, que se requer nos Exploradores da Natureza; haverá também na Universidade huma Collecção das Máquinas, Aparelhos, e Instrumentos necessários para o dito fim”. A coleção referida neste texto é a do Gabinete de Física do Colégio dos Nobres de Lisboa, que após o fim do leccionamento das disciplinas científicas nessa mesma escola, foi mandada transferir para Coimbra. Os docentes destas disciplinas foram contratados para leccionarem na Faculdade de Filosofia da Universidade de Coimbra, e António dalla Bella foi responsabilizado pelo transporte e organização do Gabinete de Física Experimental, tornando-se este o primeiro professor de Física desta Faculdade. A coleção contava na altura com 562 máquinas tendo este número

sido aumentado ao longo dos anos. Dalla Bella apresentou anos mais tarde, em 1788 um catálogo com o registo de todas estas máquinas, intitulado de *Index Instrumentorum, ad Physicam experimentalem pertinentium, quae in Museo Conimbricensi modo reperiuntur* (Furtado, 1997 p. 13). O Marquês de Pombal elogiou a coleção ao sublinhar que o Gabinete de Física de Coimbra se tornou o mais completo da Europa ao ultrapassar o número de máquinas do Gabinete de Pádua, quatrocentas em comparação com o português que contava com mais de quinhentas, que na altura era considerado o melhor.

Os atrasos no transporte, organização e instalação do Gabinete de Física da Universidade de Coimbra e das suas máquinas levaram a que as aulas de Física só começassem no final do ano lectivo de 1773, de forma simbólica apenas. A disciplina de Física Experimental dividia-se em parte teórica e parte prática, tendo os alunos que provar o conhecimento através de testes e apresentações assim como na reprodução de experiências. Estes estudos eram precedidos pelo estudo da Matemática na respectiva Faculdade. Os planos de estudo do curso de Filosofia sofreram inúmeras alterações durante os anos para agilizar a aprendizagem e hierarquizar as temáticas. Décio Ruivo Martins (Martins, 2013, p.88), descreve que esta área de estudos foi ganhando notoriedade apesar da fraca adesão inicial e, a certo ponto, foi publicado no Jornal de Coimbra um artigo intitulado de “Breve notícia da Faculdade de Philosophia da Universidade de Coimbra” e “afirmava-se que a Física era uma ciência que fazia conhecer pelas experiências as propriedades, equilíbrio e movimento dos corpos. O seu método consistia primeiramente em coligir factos averiguados pela observação e experiência, chegando depois, pela combinação e generalização a um facto primordial, que permitisse explicar sinteticamente os factos particulares. Neste artigo o autor afirmava que a Física era considerada uma ciência histórica, racional e experimental. As propriedades dos corpos podiam ser consideradas em abstrato, ou em concreto; por isso deveria dividir-se a Física em geral e particular”.

Durante a terceira invasão francesa, em 1810, o General Massena saqueia Coimbra durante três dias procurando na Universidade bens de maior valor. Muito dos aparelhos foram escondidos previamente. Ainda assim “levaram os franceses grande número de instrumentos científicos, de medida e de observação, do Observatório Astronómico, assim como também do Gabinete de Física” (Carvalho, 2001, p.523). As tropas francesas acabariam por ser expulsas no anoseguinte pelo exército luso-britânico, acabando com a campanha francesa em Portugal, levando com eles para França o espólio saqueado.

Meio século mais tarde fazem-se notar os Cursos de Física Experimental fruto das viagens científicas, pelas capitais europeias em 1866 e 1867, do então lente da Faculdade de Filosofia, António dos Santos Viegas. Estas viagens permitiram observar os novos métodos de ensino e ainda criar laços com as principais faculdades europeias, os criadores de instrumentos e preparadores de experiências. Com estes contactos Santos Viegas acabou por adquirir vários instrumentos novos para o Gabinete de Física, não só dos afamados fabricantes de Paris como de outras escolas europeias, que vieram aumentar em muito o espólio já existente na Universidade e Coimbra. Entre os fabricantes sobressaem nomes como Bourbouse, Ruhmkorff, Koenig e Biachi, de Sorbone, Regnault, do curso de Física do Colégio de França e Duboscq. Além disso também teve contacto com as mais recentes máquinas eléctricas de Holtz e A. Bertsch que eram “dois aparelhos singulares, que se carregavam eletrizando um pequena lâmina de *caoutchouc*, e permitiam obter correntes contínuas de intensidade comparáveis às de uma bobina de Ruhmkorff” (Martins, 2013, p.106), adquirindo o Gabinete de Física uma máquina de Holtz posteriormente.

Com o passar dos anos, a colecção do Gabinete sofreu grandes perdas como relata Décio Martins (Martins, 1997). No ano de 1851, o diretor do Gabinete de Física, o Professor António Sanches Goulão, decidiu reorganizar o material e fazer um inventário das peças existentes dando destaque aos aparelhos do século XVIII, removendo os inutilizados, perdendo-se assim mais de duzentos exemplares. Anos mais tarde a maioria foi conside-

rada inútil e amontoada numa arrecadação. Foi neste ponto, em 1911 “que se chegou ao momento mais negro da história do museu pombalino” (Martins, 1997, p. 63). A Henrique Teixeira Bastos, diretor do Gabinete, foi permitido a realização de um leilão, por parte do Conselho da Faculdade, com o fim de esvaziar as arrecadações cheias de material inútil para que se pudessem criar salas de aula. O leilão foi realizado à porta do Colégio de Jesus (Fig.7) e perderam-se aqui inúmeras peças históricas. Em 1938, Mário Silva inicia uma campanha para restabelecer o espólio do Gabinete que naquela altura tinha apenas cem dos quinhentos e oitenta aparelhos originais. Aos poucos restabeleceu contactos e conseguiu recuperar parte da coleção (Fig.8). Desta forma chegaram estes instrumentos notáveis ao século XXI, contando eles a história numa época de grandes avanços científicos, tornando o Gabinete de Física Experimental um local único para a compreensão da história da ciência e do estudo da Física.



Fig. 7 - Colégio de Jesus onde se situa o Gabinete de Física (Ruivo, 1997 p.32)

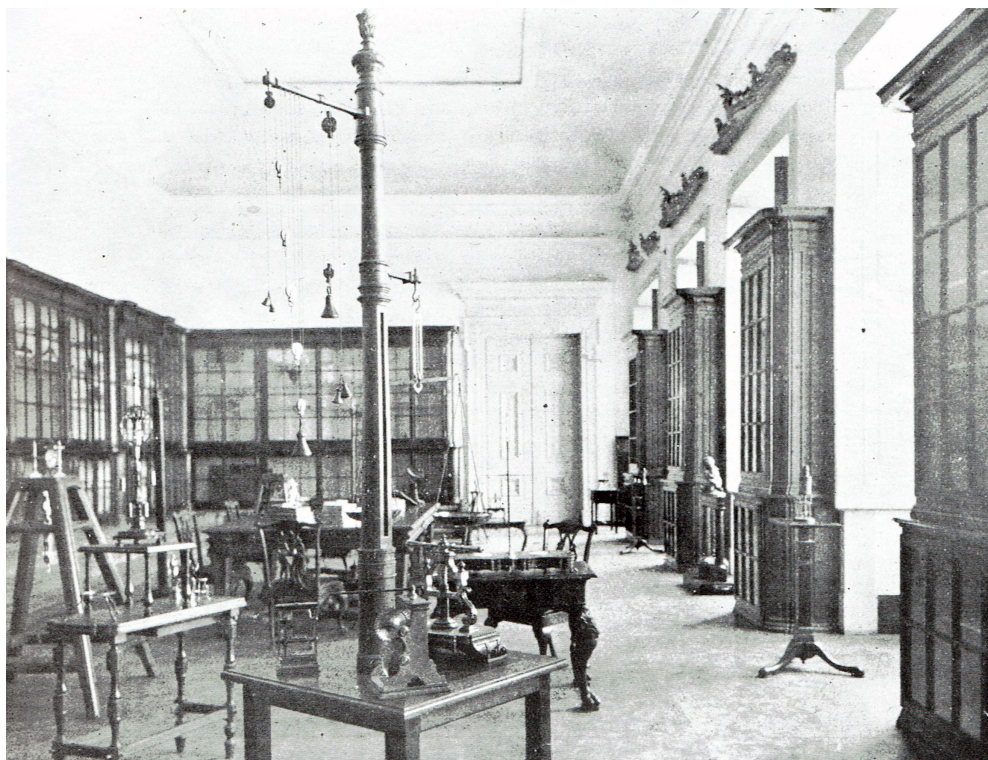


Fig. 8 - Sala do séc. XVIII organizada pelo professor Mário Silva (Ruivo, 1997 p.30)

3.5. OS INSTRUMENTOS DO GABINETE DE FÍSICA

A colecção de instrumentos do actual Gabinete de Física foi criada para servir o Colégio Real dos Nobres de Lisboa, sendo a maioria das máquinas construídas em Lisboa entre 1767 e 1772. A António dalla Bella foi atribuída, pelo Marquês de Pombal, a tarefa de organizar a colecção de máquinas destinadas ao estudo da Física, financiada pelo Estado Português (Carvalho, 1978 p.93).

A produção destes instrumentos recaiu essencialmente sobre dois indivíduos que se guiaram pelas gravuras dos tratados da época: Joaquim José dos Reis responsável pelos instrumentos em madeira e Pedro Schiappa Pietra encarregado dos instrumentos metálicos (Caldeira, 2005 p.59). Os instrumentos que necessitavam tecnologia indisponível na época em Portugal ou mão-de-obra especializada para a sua concepção foram encomendados no estrangeiro.

Joaquim José dos Reis encarregado da produção dos instrumentos em madeira mostra-se à altura da tarefa cumprindo, com ajudantes, a tarefa em menos de cinco anos com um nível “notável atendendo à falta de experiência dos nossos operários na factura de material didático, à precisão exigida para grande número de peças e à qualidade artística de muitas delas” (Carvalho, 1978 p.95). Para além desta tarefa foi nomeado responsável pela manutenção e reparo dos instrumentos do Colégio dos Nobres e assistente do Professor de Física aquando da realização de experiências que necessitasse o uso dos instrumentos que produziu. O artífice acompanhou em 1772 o transporte da colecção e a respectiva instalação no Gabinete de Física da Universidade de Coimbra.

Pedro Schiappa Pietra, originário de Génova, responsável pela produção de componentes metálicas para os instrumentos do Gabinete de Física, mudou-se para Portugal na segunda metade do século XVIII onde estabeleceu uma fábrica de teares de meias, uma serralharia e mais tarde uma fábrica de limas. As peças metálicas foram produzidas na Real Fábrica de Lisboa estão identificadas com a abreviatura “C. Pietra” e o respectivo local de produção. Foram identificados sete aparelhos como produzidos por Schiappa Pietra que incluem balanças (Fig.10), roldanas, rodas dentadas e parafusos sem fim (Fig.11) (Carvalho, 1978 p.96).

Como já referido, parte dos instrumentos foram adquiridos no estrangeiro, especialmente Inglaterra e França, já que Portugal carecia de meios para a sua produção, como por exemplo vidros de óptica necessários para os microscópios. Outros aparelhos encomendados incluem máquinas para o estudo da eletrostática cujo nome dos seus construtores está associado e registado nas listas de instrumentos.



Fig.10 - Balança com bacias de prata produzida por Schiappa

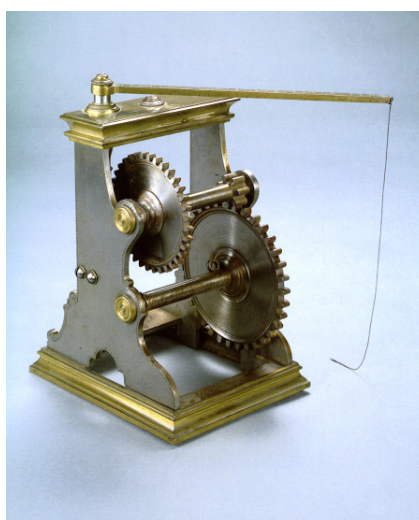


Fig.11 - A Máquina com rodas dentadas e parafuso sem-fim inclui componetes produzidos Schiappa

3.5.1 OS NÚMEROS DA COLECÇÃO DE INSTRUMENTOS

Os números da colecção sofreram várias alterações durante os longos anos de existência do Gabinete de Física, sendo o número de instrumentos actual metade do existente inicialmente como podemos ver na tabela da Fig. X. Rómulo de Carvalho descreve as alterações da colecção no livro *A História do Gabinete de Física da Universidade de Coimbra de 1978*. No inventário realizado no Colégio dos Nobres em 1772 constam 562 instrumentos, no *Index Instrumentorum* (Fig.9) em 1788 não são mencionados 18 instrumentos que estavam presentes no inventário anterior, assumindo-se que se partiram durante o transporte de Lisboa para Coimbra ou foram doados a outro Gabinete, e são adicionados 36 novos instrumentos, o que sobe para 580 o número total da colecção. Em 1790 dalla Bella publica o manual *Physices Elementa* que contém um novo inventário com uma nova secção que engloba o material para estudo da Electricidade e são adicionados à colecção 12 novos aparelhos totalizando 592. Em 1851 há uma nova inventariação no qual se registam 668 instrumentos dos quais apenas 416 correspondem a instrumentos registados no *Index Instrumentorum*, estando assim em falta 164 instrumentos do Gabinete de Física inicial. Em 1878 o número total de instrumentos sobe para 839 dos quais 347 se mantêm do inventário de 1788, estando em falta 233. Num estudo de 1964 concluiu-se que a colecção tem completos 132 dos 580 instrumentos originais, existindo ainda 108 instrumentos em estado incompleto ou degradado, sendo assim o total de máquinas desaparecidas de 340.

O desaparecimento do material durante os anos deve-se ao descuido na sua conservação “não havendo preocupação de preservar os instrumentos fora de uso ou estragados para memória futura” (Caldeira, 2005 p.61). Os instrumentos em falta foram substituídos por aparelhos mais modernos, foram-se deteriorando, retirados dos armários e colocados na arrecadação ou desmantelados e posteriormente leiloados.



Fig. 9 - Index Instrumentorum

ASSUNTOS A QUE SE REFERE O MATERIAL.	TOTALIDADE DOS NÚMEROS DOS INVENTÁRIOS RELATIVOS A CADA ASSUNTO.					SITUAÇÃO ACTUAL				
	INVENTÁRIOS DE:									
	Colégio dos Nomes (ms)	1788 Index de Coimbra (ms)	1790 Physices Elementa (imp.)	1851 (ms)	1878 (imp)	existe completo (c) quase completo (qc) incompleto (i) muito incompleto (mi)				Total
						c	qc	i	mi	
§ 1 — De Subtilitate Partium Materiae	5	5	5	3	3	—	—	—	2	2
§ 2 — De Impenetrabilitate	9	9	9	5	4	1	—	—	—	1
§ 3 — De Porositate	7	7	7	5	4	1	—	—	1	2
§ 4 — De Vi Inertiae	5	5	5	5	5	1	—	1	—	2
§ 5 — De Attractione	14	16	16	12	10	2	—	1	4	7
§ 6 — De Magnete	25	26	26	13	12	8	2	2	2	14
§ 7 — De Gravitate	15	17	18	10	4	1	1	—	1	3
§ 8 — De Centro Gravitatis.	12	14	14	13	13	6	1	3	1	1
§ 9 — De Machinis Simplicibus et Compositis	58	60	61	56	53	36	4	12	2	54
§ 10 — De Attritu Machinarum.	5	5	5	5	5	1	—	1	—	2
§ 11 — De Motu Simplici et Composito	16	16	16	16	16	5	—	4	1	10
§ 12 — De Motorum Corporum Viribus	7	7	7	7	1	1	—	4	—	5
§ 13 — De Percussione	5	5	5	4	0	—	—	—	2	2
§ 14 — De Viribus Centralibus	10	10	10	8	7	—	1	—	2	3
§ 15 — De Coherentia, et Firmitate Solidorum	17	18	18	14	12	2	—	4	—	6
§ 16 — De Hydrostatica, et Hydraulica	42	42	42	32	19	4	—	6	1	11
§ 17 — De Igne	38	38	38	20	18	4	—	5	—	9
§ 18 — De Luce	38	38	38	33	22	15	—	7	—	22
§ 19 — De Dioptrica	33	29	29	14	13	3	2	2	3	10
§ 20 — De Catoptrica	29	29	27	26	26	17	1	3	—	21
§ 21 — De Aere	107	112	112	70	61	17	2	4	6	29
§ 22 — De Electricitate	54	62	74	45	39	6	1	3	1	11
§ 23 — Omissa	3	3	3	0	0	—	—	—	—	0
§ 24 — Utensilia	8	7	7	0	0	1	—	1	1	3
Totais	562	580	592	416	347	132	15	63	30	240

Fig. 12 - Inventário da colecção do Gabinete de Física durante os anos (Carvalho, 1978, p.88)

4. PROJECTOS RELACIONADOS

Neste capítulo serão explorados projectos relacionados com as temáticas abordadas na dissertação sendo o foco principal o uso de tecnologia para a melhoria da experiência de visita a um espaço cultural, através do uso de realidade aumentada e narrativas educativas.

Os projectos apresentados são tanto experiências próprias como informações recolhidas de artigos e outros meios de difusão de informação. Estudaram-se exemplos com muito em comum com o projecto que foi desenvolvido para o Gabinete de Física e tentou-se encontrar os pontos positivos e negativos para tentar, através dessas observações, retirar conhecimento aplicável no desenvolvimento da aplicação.

4.1. THE SCIENCE MUSEUM OF THE UNIVERSITY OF COIMBRA: A PLAYFUL EXPERIENCE

Instituição: Museu da Ciência da Universidade de Coimbra/ Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra;

Desenvolvido por: Barbara Rachel Lacor;

Ano: 2015;

Esta tese de mestrado tem como foco o Gabinete de Física. Há muito em comum entre este projecto e o projecto desenvolvido nesta dissertação. Ambos procuram incentivar o visitante a explorar o espaço e aprender mais sobre os instrumentos e a sua história. O desenvolvimento desta dissertação foi iniciado com a leitura deste documento contudo e muita das referências deste trabalho partiram deste projecto sendo que as ideias iniciais são muito semelhantes.

Este projecto focou-se em criar uma experiência lúdica na qual existem diferentes rotas que cobrem diferentes temas. Foi realizado um caso de estudo para só uma dessas rotas, a "Rota da Estética". Através da utilização de redes Petri (Lacor, 2015 p.44) e trajectórias, a aplicação é estruturada para ter várias caminhos e decisões que levam a fins diferentes. A narrativa permite ligar componentes do Gabinete de Física completamente distintos, mas manter a coerência da história que está a ser experienciada. É utilizada a verificação de QR codes para a obtenção de nova informação que permite avançar na história. Ao cativar o utilizador com decisões e personalização do avança da narrativa, este projecto pretende transmitir de uma forma não invasiva a riqueza cultural do Gabinete de Física.

Este projecto aponta para uma experiência de longa duração o que não seria possível nos dias que correm já que as visitas ao Gabinete estão-se a tornar cada vez mais restritas, sem capacidade de navegar livremente pelo o espaço.

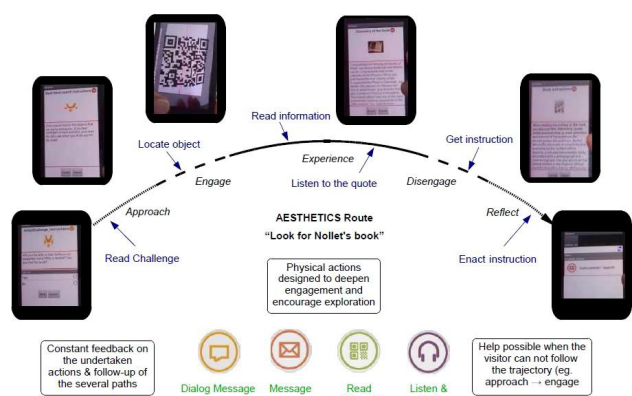


Fig. X – Trajectória criada para uma das rotas definidas para a visita criada para a aplicação.



Fig. X – A aplicação desenvolvida para dispositivos móveis utiliza a framework Oriverse (desenvolvida no DEI-FCTUC) como base.

4.1. JERSEY HERITAGE VIRTUAL POCKET MUSEUM

Instituição: Jersey Heritage

Desenvolvido por: Cyber Digital Systems Ltd.

Lançamento: 16 September 2015. Actualmente indisponível para download

É uma aplicação que permite visualizar de artefactos da colecção da instituição Jersey Heritage, da ilha de Jersey no Canal da Mancha. Esta instituição é responsável pela maioria dos locais históricos da ilha e procura promover a sua herança histórica e cultural. A aplicação contém digitalizações tridimensionais de seis artefactos diferentes que se dividem em quatro categorias: Gaélico (Moedas), Idade do Gelo (Dente de Mamute), Pré-Histórico (Menir, Machado de mão de pedra e Cabeça de Machado de Bronze) e Victoriano (Vestido de casamento de 1887).

A aplicação permite ao utilizador fazer o download de modelos tridimensionais dos diferentes objectos criados a partir da digitalização de alta qualidade dos mesmos. É possível fazer rodar os objectos, fazer zoom e movê-los num ambiente tridimensional. Estes artefactos são acompanhados da descrição histórica e de a forma como chegaram aos dias correntes. Caso o utilizador seja membro da instituição Jersey Heritage a aplicação pode ser utilizada para visualizar os artefactos através de realidade aumentada recorrendo ao cartão de membro ou de visita do espaço. Ao rodar o cartão ou mover a câmara do dispositivo móvel com que se está a utilizar a aplicação é possível rodar o instrumento ou ver os diferentes lados do mesmo.

Esta aplicação tem uma ligação óbvia com o projecto proposto nesta dissertação uma vez que visa promover os artefactos de valor histórico incalculável através da sua divulgação num novo meio.

A aplicação promete actualizações recorrentes para disponibilização de mais artefactos, contudo a aplicação foi recentemente retirada das Google Play e da App Store.

Apesar dos modelos dos artefactos conterem detalhe muito elevado, a única funcionalidade da aplicação é o de os poder observar em diferentes perspectivas e ler sobre eles. São artefactos estáticos que, assim como num espaço museológico, só podem ser observados.

A aplicação não está adequada a todos as proporções de ecrã dado que corta parte das *tabs* de navegação superior da galeria e os botões, quase na totalidade tornando-os ilegíveis, da parte inferior do ecrã dificultado a navegação. É importante ter atenção a estes promenores uma vez que há um elevado número de dispositivos móveis com proporções diferentes e as aplicações devem ter sempre em conta estas flutuações e não criar elementos de tamanho estático que possam se tornar ilegíveis em proporções menores



Fig.X Ecrã da aplicação enquanto é utilizada na vista 3D para ver o Menir. As funcionalidades de Realidade Aumentada e de Impressão 3D só estão disponíveis para os membros da Jersey Heritage.

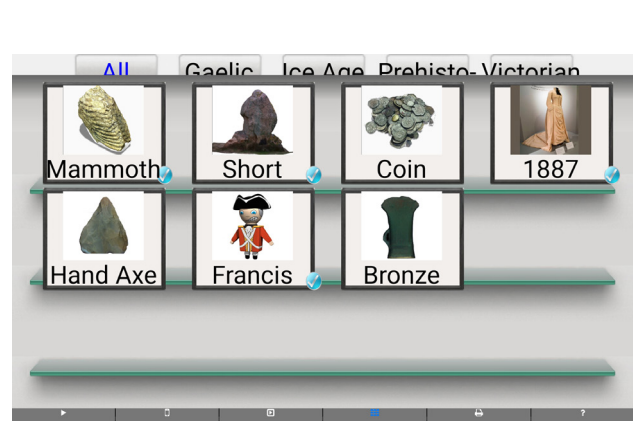


Fig.X Artefactos disponíveis na aplicação. Francis é uma mascote desenvolvida para aplicação. Na parte superior do ecrã é possível usar os botões para filtrar os artefactos por época.

4.5. MERCADO DOS ESCRAVOS

Instituição: Museu Municipal Dr. José Formosinho (Museu Regional de Lagos)

Desenvolvido por: CMLagos, DRCAIlg, byAR, P06 Atelier

Lançamento: 2017?

O Mercado dos Escravos integra-se no Museu Regional de Lagos e apresenta uma exposição dividida entre dois pisos que explica a história do comércio de escravos. Insere-se na iniciativa da UNESCO "Rotas de Diálogo" que pretende dar a conhecer as diferentes experiências e a partilha de costumes entre os diferentes povos do mundo. No caso desta exposição, a "Rota do Escravo" mostra ao público o papel de Portugal na prática do comércio de escravos mundial e a importância que esta prática teve na expansão económica e cultural das diferentes potências mundiais. Foca-se também na forma como Lagos, ponto de partida de muitas das viagens importantes nos descobrimentos marítimos portugueses e porto central para o comércio de escravos na Europa, se desenvolveu e transformou, desde uma pequena cidade muralhada a um grande entreposto costeiro que cresceu para alojar tanto a mercadoria como os detentoras da nova riqueza trazida por este novo tipo de comércio. O edifício no qual podemos visitar esta exposição é o antigo Mercado dos Escravos utilizado a partir do século XV como ponto de compra e venda de escravos trazidos maioritariamente de entrepostos na costa ocidental africana.

A exposição é composta por vários pilares negros que contêm informação histórica acerca dos descobrimentos e das práticas escravagistas praticadas a partir do século XV. No seu interior é possível encontrar objectos e réplicas (maioritariamente de livros da época ou iluminuras) referentes à temática da exposição, assim como vídeos documentais e pequenas animações decorativas. A exposição foca-se na contextualização histórica do comércio de escravos e na forma como esta prática influenciou Lagos.

O primeiro piso explica ao visitante, através de texto presente nas colunas negras, a história e conceitos globais da expansão marítima portuguesa e de como o comércio escravagista influenciou todo o império português da época. Nas três salas no qual se divide o segundo piso da exposição existem também pilares negros com textos e objectos (arqueológicos ou réplicas de livros ou documentos) no seu interior além de citações e mapas pintados nas paredes.



Fig X1. Primeiro piso da exposição. À esquerda, o mapa da cidade e pontos de interesse na parede e no meio dos pilares negros, a escultura "Rei Amador" de Eduardo Malé Fernandes (2011), que representa Amador Vieira, líder da insurreição de escravos de São Tomé em 1595.

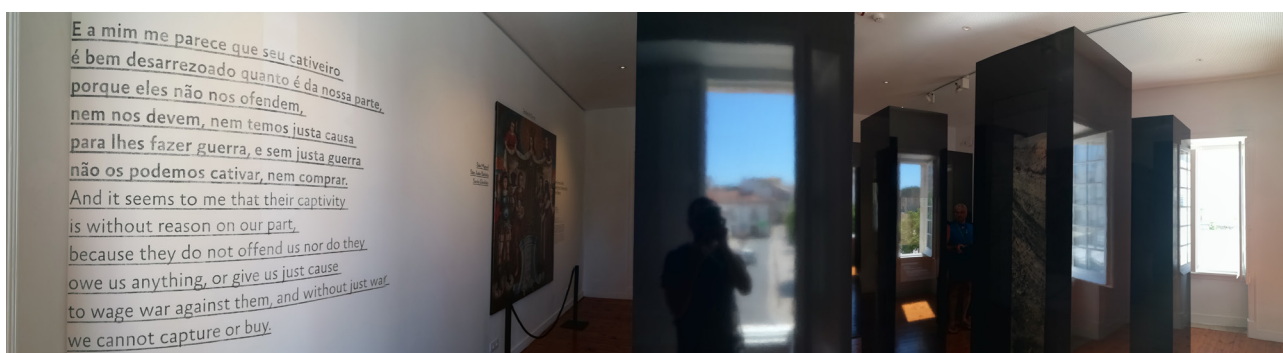


Fig X1. Terceira sala do segundo piso do Mercado dos Escravos. Os pilares contêm vários objectos arqueológicos e réplicas de textos que relatam acontecimentos da época explorada na exposição. Na parede é possível ver um texto de Fernando de Oliveira (1555) e ao fundo o "Quadro da Confraria de Nossa Senhora do Carmo de autor desconhecido (século XVIII).



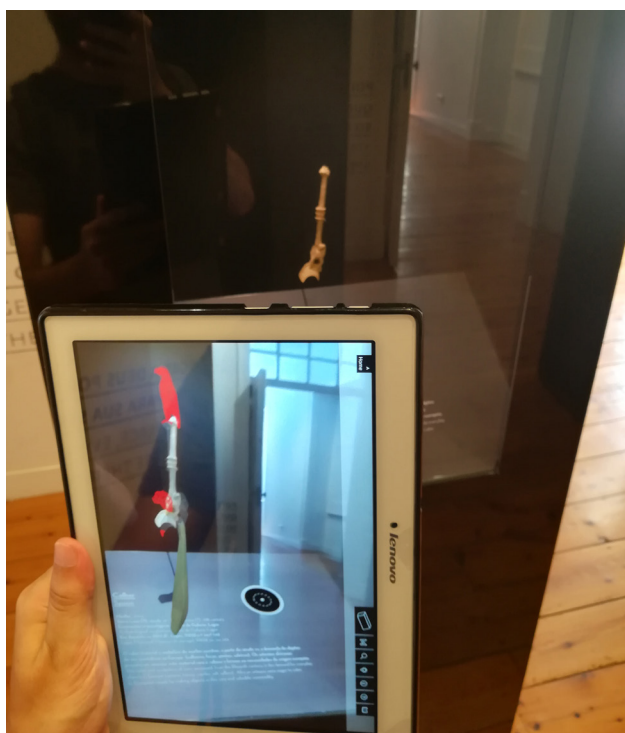
Fig X Entrada para o Mercado dos Escravos..



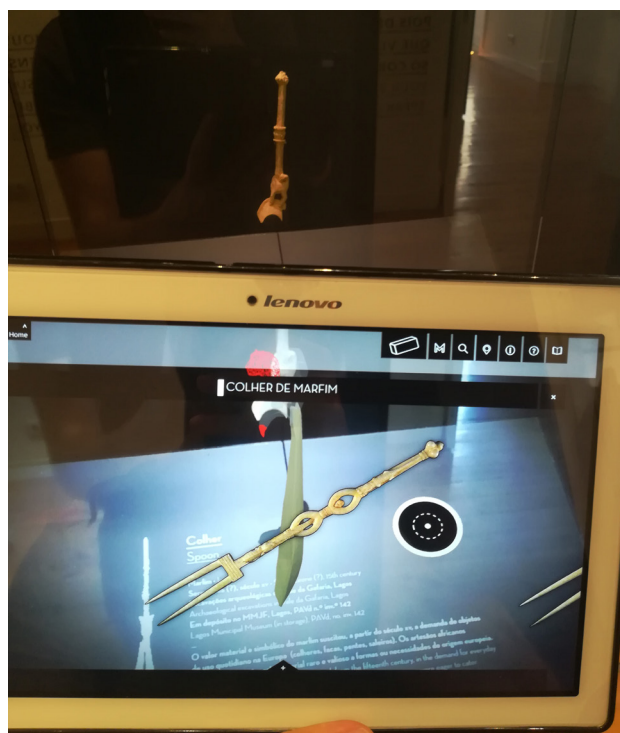
Fig X Contextualização da exposição e estátua do Rei Amador.

No segundo piso é fornecido um tablet com uma aplicação criada especificamente para a exposição (disponível em português e inglês) que permite consultar informação acerca do núcleo museológico, informações acerca do projecto, informação acerca das diferentes salas do Mercado, referências bibliográficas e, a principal componente, interagir através de realidade aumentada com objectos e imagens expostas. Os pilares negros servem de expositores para objectos históricos (colher, estatuetas, facas, etc) que perto da legenda têm um símbolo que é reconhecido pelo tablet e activa a realidade aumentada mostrando assim mais exemplares desses objectos num *slideshow* de imagens bidimensionais além de uma legenda expandida acerca dos mesmos. Num dos casos, o de uma colher de marfim partida, a realidade aumentada é utilizada para mostrar o objecto completo como originalmente através de uma projecção 3D na aplicação sobre o objecto real. Esta tecnologia é usada também sobre uma réplica de um mapa da antiga cidade de Lagos que, após o scan, é apresentado na aplicação o mesmo mapa mas com a possibilidade de ver o nome actual de várias ruas (que continuam no mesmo sítio dentro da zona antiga da cidade nos dias que correm) e pontos de interesse relacionados com o tema e a história da cidade. Estes pontos de interesse são acompanhados de uma fotografia do seu aspecto actual e uma contextualização da sua importância e história.

Alguns dos objectos que são alvos de RA têm disponível galerias de objectos semelhantes. Contudo só o objecto principal, físico, é que tem legenda, os restantes, cujas imagens passam na galeria, não têm qualquer tipo de legenda nem referência de origem, não há qualquer informação de que pertencem à mesma colecção ou são só exemplares semelhantes de outras instituições.



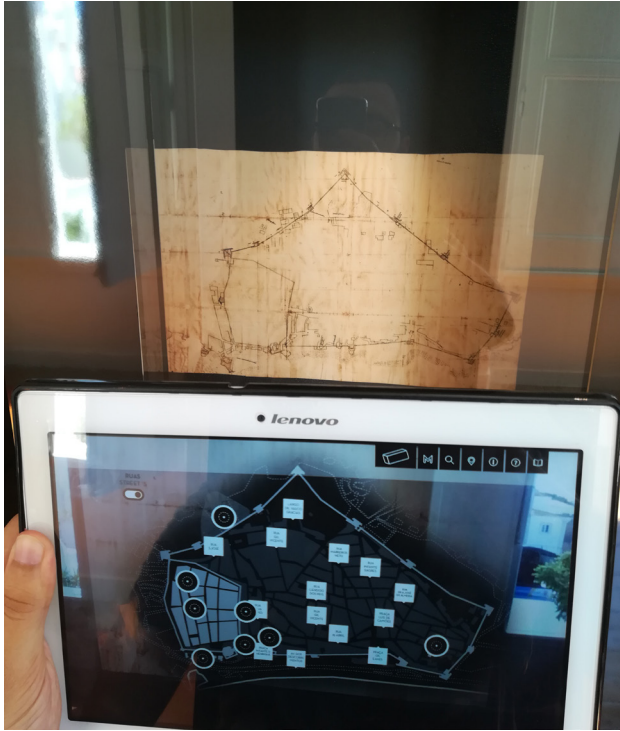
FigX. A realidade aumentada é utilizada para mostrar com o objecto era antes de se ter partido. Em cima e a meio podemos ver um modelo tridimensional de uma águia e um lião em modo *wireframe* que anteriormente faziam parte da colher. como elementos decorativos. Em baixo é possível ver de forma preenchida o modelo da colher.



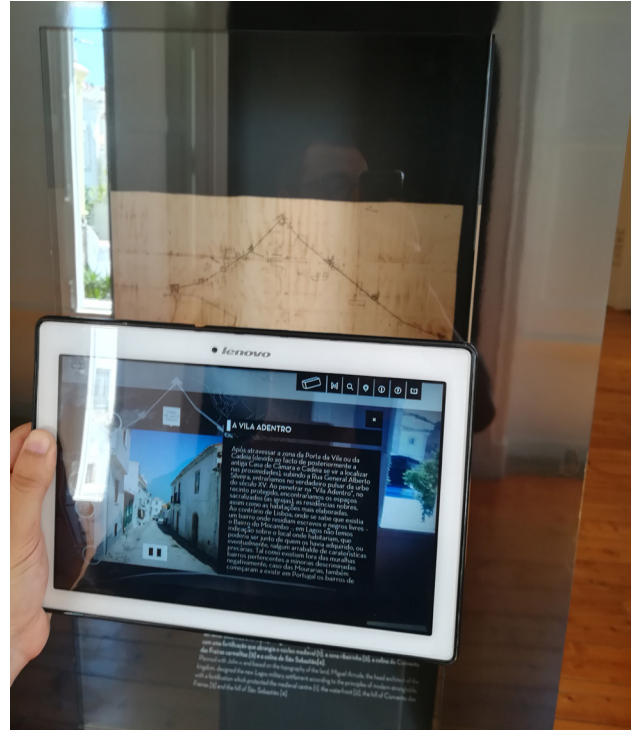
FigX. Quando se utiliza a realidade aumentada e se consulta a galeria de objectos semelhantes estes aparecem sobrepostos ao modelo tridimensional sem qualquer cuidado, havendo por vezes erros de sobreposição e imagens que ficam congeladas no ecrã.

Em certas situações a tablet utilizada revela-se um pouco incómoda derivado do seu peso. Quando utilizamos a RA no mapa da cidade antiga de Lagos é possível obter informação extensa acerca dos vários pontos de interesse. O problema surge porque os textos apresentados são extremamente longos e o utilizador tem que manter o dispositivo apontado ao mapa, com os braços semi-flectidos durante longos períodos de tempo, para que a

informação não desaparece e tenha que apontar de novo para o mapa e recomeçar a leitura. Esta situação seria facilmente resolvida ao executar uma função que mantinha o texto no ecrã enquanto o utilizador o quisesse.



FigX. Este mapa antigo serve de marcador e em cima dele é sobreposta uma versão interactiva com os vários pontos de interesse da cidade antiga de Lagos, estando muitos deles ainda acessíveis nos dias que correm.



FigX. Todos os pontos de interesse têm textos extensos que contam a história do local e curiosidades sobre os mesmos. Muitos desses textos têm o triplo do tamanho do mostrado nesta imagem.

A exposição, assim como o Gabinete de Física, mostra que um espaço e os objectos contidos nesse espaço são uma janela para a história tanto do edifício como da cidade e da sociedade envolvente. Os objectos pertencentes aos escravos contam histórias de partilha cultural assim como os instrumentos do Gabinete de Física contam histórias de partilha de conhecimento científico.

Apesar de não ter muito conteúdo físico, a aplicação ajuda a compreender os males, e o bem que adveio desses males, na forma de património e partilha cultural entre os diferentes povos do mundo. Assim como no Museu da Ciência, a maioria dos visitantes deste espaço visitam-no porque o bilhete está incluído na visita aos restantes componentes do Museu Regional de Lagos .

Ao fornecerem um *tablet* já com a aplicação pronta a usar é baixado o ponto de entrada e o nível de gratificação é imediato porque não é necessário fazer o download para o dispositivo do visitante, agilizando o processo sem interromper a visita entre o primeiro e o segundo andar. Apesar da multiculturalidade da cidade de Lagos a aplicação só tem duas linguagens disponíveis (português e inglês) o que, durante a visita, se verificou extremamente incómodo para alguns dos visitantes estrangeiros de idade mais avançada.

A aplicação funciona sem qualquer tipo de *delay*, funciona sem interrupções e contém opções para consultar o espaço, os outros museus, e um registo bibliográfico dos textos da exposição.

5. DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO

O processo de desenvolvimento da aplicação começou com um estudo de instrumentos que compõem o espólio do Gabinete de Física. Foi necessário reduzir a longa lista de possíveis candidatos a um só de forma a agilizar e tornar o projecto exequível dentro do espaço de tempo alocado para tal tarefa. Para tal, foi realizada uma selecção de instrumentos e realizado um estudo aprofundado dos mesmos.

Após este estudo foi iniciado um processo experimental com diferentes abordagens iterativas que utilizaram diferentes instrumentos e componentes para tentar construir uma experiência exploratória, não linear e aberta, permitindo ao utilizador abordar o instrumento com que está a interagir da forma que desejar. As diferentes abordagens sequenciais permitiram agilizar o processo e simplificar os sistemas criados, culminando assim num storyboard que permitiu a realização de um teste de usabilidade de baixa fidelidade, e assim criar um modelo final da aplicação.

5.1. SELEÇÃO DE OBJECTOS PARA ESTUDO POSSÍVEL DE ANIMAÇÃO E EXPERIÊNCIA

Foi feita uma primeira selecção de oito instrumentos para estudo de possível animação com base nos instrumentos presentes no catálogo *O Engenho e a Arte* (Ruivo, 1997). As descrições dos objectos foram feitas segundo a informação disponível neste catálogo assim como no livro *A História do Gabinete de Física da Universidade de Coimbra - Desde a sua fundação (1772) até ao jubileu do professor italiano Giovanni Antonio Dalla Bella (1790)* (Carvalho, 1978).

Esta pequena selecção de instrumentos realizou-se tendo em conta as visitas realizadas ao Gabinete de Física, as reuniões com os guias e a investigação realizada sobre os mesmos. Este conjunto de informações permitiu compreender quais os instrumentos mais notáveis na exposição que permitem a criação de uma experiência interessante.

Qualquer instrumento poderia ser alvo deste projecto sendo que todos foram criados para realizarem uma experiência específica, tendo em vista um fim educativo. Muitos destes instrumentos são utilizados para realizar experiências extremamente simples e lineares nos quais uma breve animação serviria para explicar o seu funcionamento. No nosso caso procurámos instrumentos cujas experiências para as quais foram criados são mais complexas, permitindo algum tipo de exploração das suas funcionalidades e de possibilidades de interacção com os mesmos. Desta forma, justifica-se a utilização de um meio interactivo em vez da simples observação de um vídeo ou de uma animação exemplificativa do seu funcionamento.

Foram escolhidos aparelhos de diferentes categorias do estudo da Física, que se mostram notáveis na visita ao Gabinete de Física, cujas experiências são um pouco complexas e que permitam a exploração livre do seu funcionamento utilizando a tecnologia proporcionada pelos dispositivos móveis para simular essas experiências.

Para cada instrumento foi descrito o seu funcionamento, o seu aspecto e, em alguns casos, a sua história. São definidos os detalhes técnicos de cada um: categoria em que se insere nas temáticas do Gabinete de Física, funcionamento, construtor, tamanho e um pequeno exemplo de uma experiência possível para implementação numa aplicação. Por fim, é feito um comentário apreciativo da relevância do instrumento no Gabinete de Física e potencial da sua utilização na fase seguinte do projecto.

5.1.1. CONJUNTO PARA ESTUDO DA POROSIDADE

Um par de anjos de bronze dourado que têm suspenso nas suas mãos um crivo de ouro e outro de ferro que poderiam ser colocados num trempe de ferro para realizar estudo da porosidade com recurso a mercúrio. Ambos os crivos têm vários orifícios de 1mm de diâmetro. O trempe tem duas bocas nas quais qualquer um dos crivos pode ser assente.

As figuras aladas encontraram-se em tempos no Museu Machado de Castro em Coimbra, mas foram reavidas para a colecção do Gabinete de Física pelo Professor Mário Silva. O crivo de ouro encontrava-se cuidadosamente guardado no Laboratório de Física enquanto as componentes metálicas estavam oxidadas e misturadas com objectos sem valor num armário.

Este conjunto é um dos primeiros instrumentos mencionados durante a visita guiada e encontra-se disposto no armário mais afastado da entrada do Gabinete numa das prateleiras superiores. Apesar do seu elevado valor estético e de possibilidade de experimentação elevado (ver página X), este instrumento foi descartado porque a modelação realista das figuras dos anjos iria ser demasiado complexa para o tempo definido para essa tarefa.



Fig. X - Conjunto para estudo da Porosidade

Categoria: De Impenetrabilitate, De Porositate (Da Impenetrabilidade, Da Porosidade)

Funcionamento: Os crivos seriam colocados no suporte de ferro e derramado sobre eles mercúrio que não passava pelos orifícios dos crivos devido à sua tensão superficial. Porém, reagia de forma diferente aos dois crivos. No crivo de ouro, o mercúrio infiltrava-se no próprio metal passando através dele provando a existência de poros no ouro. Desta forma provaria-se que a passagem das pequenas partículas da matéria podem não passar por orifícios maiores que elas.

Construtor: Desconhecido

Materiais: Bronze Dourado, Ouro e Ferro

Tamanho: Anjos a=21cm, Trempe a=10cm, Crivos d=5cm

Experiência exemplo:

- Derramar mercúrio no crivo
- Mudar de crivo
- Voltar a derramar mercúrio

5.1.2. DUPLO CONE E RÉGUAS DE MADEIRA INCLINADAS

Categoria: De Centro Gravitatis
(Do Centro de Gravidade)

Funcionamento: As régulas são colocadas numa superfície plana, abertas em V, regulando a sua altura através dos parafusos niveladores criando um plano inclinado. O rombo deve ser colocado no vértice das duas régulas sem qualquer impulso inicial e irá começar a subir as régulas parecendo contrariar as leis da gravidade até estabilizar num ponto de equilíbrio. Podemos assim verificar a descida do eixo longitudinal que passa pelo centro de gravidade do duplo cone e que inicialmente está mais elevado junto do vértice e desce até chegar à posição de equilíbrio.

Inventor: António Dalla Bella

Materiais: Madeira e latão

Tamanho: Rombo 51x8cm, Cone: Geratiz=18 Perímetro=56, ; Régulas c=80,2cm

Experiência exemplo:

- Ajustar as régulas
- Largar o cone numa das pontas
- O cone equilibra-se no seu centro de gravidade

Um rombo formado por um duplo cone truncado de madeira com as extremidades truncadas e substituídas por acrescentos cilíndricos. Duas régulas de madeira unidas por uma dobradiça numa das extremidades; na outra extremidade têm um parafuso nivelador de latão que serve para regular a inclinação das régulas.

Os componentes desta experiência são compostos sólidos geométricos facilmente modeláveis e a experiência realizada com eles é simples e linear, o que não permite a experimentação de várias vertentes. Na secção deste instrumento, localizada numa das prateleiras de baixo dos armários, existem outros instrumentos que servem para demonstrar outros exemplos de equilíbrio e aceleração, perdendo-se este no meio de tantos de formas semelhantes.



Fig. X - Duplo Cone e Régulas de Madeira Inclínadas

5.1.3. AUTÓMATO REPRESENTANDO UM CENTAURO

Um Centauro de prata sobre um tampo do mesmo material onde estão representados insectos e répteis em relevo. Encontra-se sobre uma caixa octogonal de ébano com detalhes em prata. O Centauro segura no braço esquerdo um arco de aço flexível enquanto o braço direito está fletido e preparado para lançar uma seta. A tiracolo tem uma aljava onde se encontram duas setas. Dentro da caixa existe um mecanismo de corda incompleto que podia ser activado por uma chave (perdida). Rómulo de Carvalho (1978) refere que o centauro possuía a inscrição “GEORGIUS ADAMS, Apud Insig^m. Capite Thychonis Braheii in Vico Vulgo Dicto Fleet Street. LONDINI FECIT”, numa tampa actualmente ausente, mas os orifícios para a sua fixação são visíveis. Existe a possibilidade de ter sido retirada para arranjo do mecanismo interior e nunca ter sido recolocada tendo-se assim perdida. A base da caixa tem também um mecanismo onde seriam fixadas três rodas, duas na parte da frente abaixo das pernas dianteiras e uma mais pequena na parte de trás articulada em volta de um eixo central. Isto permitiria ao centauro movimentar-se e mudar de direcção. Foi adquirido por dalla Bella como instrumento no estudo da Mecânica, das máquinas simples e compostas. Através da inscrição na tampa, agora em falta, é possível obter o nome do construtor deste autómato – George Adams – um fabricante de instrumentos que adoptou como letrero e símbolo da sua oficina em Fleet Street, em Londres, a cabeça do astrónomo dinamarquês Tycho Brahe (Millburn, 2017 p.15, p79). Adams foi um famoso produtor de instrumentos matemáticos filosóficos e ópticos que trabalhou para a realeza do Reino Unido.

O autómato encontra-se exposto numa das prateleiras centrais dos armários, devido à sua aparência estética e importância histórica é abordado durante a visita guiada. Apesar do seu mecanismo interior complexo, seria difícil explorar a funcionalidade deste instrumento para além do lançamento das setas e a reposição das mesmas na sua mão.



Fig. X - Autómato representando um Centauro

Categoria: De Machinis Simplicibus et Compositis (Das Máquinas Simples e Compostas)

Funcionamento: O mecanismo de corda podia ser activado com a chave, o que faria o sistema de transmissão que passa por dentro da perna esquerda dianteira do centauro movesse o braço acabando por lançar a seta.

Construtor: George Adams

Materiais: Prata, latão e ébano

Tamanho: 39,3 x 16 x 25 cm

Experiência exemplo:

- Colocar as rodas do mecanismo
- Colocar seta na mão do centauro
- Ajustar mecanismo direccional
- Disparar seta

5.1.4. APARELHO DESTINADO A ILUSTRAR A DEFORMAÇÃO DA TERRA

Categoria: De Viribus Centralibus (Das Forças Centrais)

Funcionamento: “As lâminas deforma-se quando são postas em rotação, adquirindo a forma de uma elipse. Esta deformação acentua-se quando se aumenta a velocidade angular, até que a zona inferior de intersecção das lâminas, atravessada pelo eixo vertical, encoste no batente. (...) Com este dispositivo era possível (...) simular a deformação do Globo Terrestre e relacioná-la com o seu movimento de rotação” (Ruivo, 1997 p. 213)

Construtor: Jacob Bernard Haas

Materiais: Latão, ferro e madeira

Tamanho: 34,8 x 38,2 x 12,5 cm

Experiência exemplo:

- Ajustar engrenagem
- Rodar manivela
- Observar distorção das folhas metálicas

“Duas lâminas de metal dispostas verticalmente, fixas num eixo vertical pelos seus pontos mais altos. Os planos por elas definidos intersectam-se, formando entre si um ângulo de 90°. O referido eixo passa por um orifício, aberto em cada uma das lâminas nos pontos diametralmente opostos aos pontos fixos e, após atravessar um orifício existente numa travessa horizontal de madeira, termina numa pequena roda dentada cujos dentes engrenam nos dentes de outra de maiores dimensões. Esta encontra-se montada na mesma travessa e é accionada através de uma manivela. No eixo vertical, alguns centímetros acima do ponto onde este atravessa as lâminas, existe um batente de latão.” (Ruivo, 1997 p. 213).

Encontra-se dentro de um dos armários e o seu aspecto visual chama a atenção aos visitantes. Contudo, a experiência poderia ser facilmente demonstrada com uma animação, não havendo necessidade de criar uma experiência interactiva para provar os princípios para que esta máquina foi concebida.



Fig. X - Aparelho destinado a ilustrar a deformação da Terra

5.1.5. FONTE DE COMPRESSÃO E BOMBA

A fonte de compressão é constituída por um recipiente de cobre com a forma de uma pêra invertida e por uma base, enfeites e torneira hermética de latão no topo. No interior existe um tubo de metal que está ligado à torneira do topo do instrumento que apresenta no bocal uma rosca onde se pode instalar a bomba de compressão manual. A bomba de compressão de ar trata-se de uma comum bomba manual de latão com êmbolo de cabedal que podia ser usada noutra experiência que necessitasse a injeção de ar.

A fonte de compressão encontra-se em cima de uma das mesas centrais na sala do século XIX. É um instrumento extremamente visível e abordado durante a visita guiada. A experiência realizada permite diferentes abordagens e alterações na experiência originalmente descrita (ver página X).



Fig. X - Fonte de Compressão



Fig. X - Bomba de ar

Categoria: De Aere (Do Ar)

Funcionamento: Para executar a experiência é necessário desenroscar a torneira e retirar juntamente o tubo de metal do interior do recipiente que devia ser enchido até dois terços da sua capacidade com água. Seguiu-se a recolocação do tudo e da torneira à qual era ligada a bomba de compressão de ar. Com a torneira aberta seria bombeado ar até não ser possível mais devido à pressão acumulada no recipiente, procedendo então ao fecho da torneira e a remoção da bomba. A intensa pressão contida no interior da fonte permitia que ao abrir a torneira se libertasse um jato que podia variar entre oito e dez metros de altura.

Construtor: Desconhecido

Materiais: Bronze e latão

Tamanho: Fonte 50 x 30,8 cm;
Bomba 40,5 cm, d= 3,5 cm

Experiência exemplo:

- Abrir torneira
- Encher a fonte com líquido
- Fechar torneira
- Ligar bomba
- Utilizar bomba para retirar o ar
- Tirar bomba
- Abrir a torneira para libertar líquido

5.1.6. EOLÍPILA

Categoria: De Igne (Do Fogo)

Funcionamento: O instrumento deveria ser enchido com água através da abertura superior e em seguida selado fortemente com a rolha. Em seguida a lamparina que se encontra debaixo do carro deveria ser acesa o que inicia a fervura da água. Quando esta entrava em ebulição o vapor produzido seria expelido sob pressão através do pequeno orifício na ponta da Eolípila fazendo o carro movimentar-se na direção oposta à saída do vapor.

No Gabinete de Física existem também duas outras Eolípilas. A primeira servia para realizar uma experiência semelhante à da fonte de compressão colocando-a na vertical e, aquecendo a sua base, faria expelir o vapor de água sob pressão pelo orifício no topo. A segunda para realizar uma experiência com álcool. Aquecendo o instrumento sobre uma fonte de calor, transformaria o álcool no seu interior em vapor que era expelido sobre grande pressão e podia ser inflamado formando um jacto de fogo que conseguia atingir os oito metros de altura.

Concepção: Jean-Antoine Nollet

Materiais: Bronze e latão

Tamanho: 20,5 x 43,4 x 18,5 cm

A Eolípila é um recipiente de bronze em forma de pêra disposta com o seu maior comprimento na horizontal e está colocado em cima de um anel que faz parte de um carro de latão. A Eolípila tem uma abertura rolhada na parte de cima e na parte mais estreita um orifício aberto para expelir vapor. O carro tem três grandes rodas e debaixo do anel central tem uma base onde deve ser colocada uma lamparina.

Este instrumento está numa das prateleiras centrais num dos armários da sala do século XVIII. À sua frente, fora do armário em cima de uma mesa, está uma réplica deste instrumento. A experiência assemelha-se à da fonte de compressão e ambos os instrumentos são abordados na visita guiada simultaneamente. É uma experiência que se poderevelar complexa, mas que poderia ser explicada com uma simples animação.

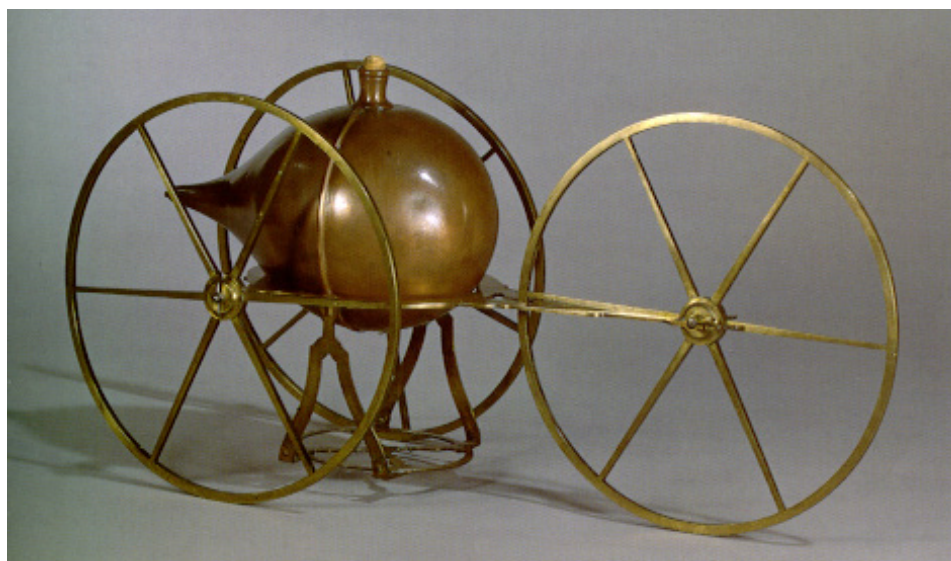


Fig. X - Eolípila

Experiência exemplo:

- Encher o recipiente com água e tapar
- Colocar lamparina acesa debaixo da estrutura
- Esperar que a ebulição mova o carro

5.1.7. ESPELHO PIRAMIDAL METÁLICO COM ANAMORFOSE

Este quadro pintado em madeira, mostra quatro homens, com diversas deformações e em diversas posições relativas ao centro. A cena é rupestre e mostra algumas árvores e pássaros que envolvem estes quatro homens estranhos que fazem diversas actividades, um está encostado e agachado, a uma espécie de caixa, outro lança fumo da boca enquanto ri, outro espreita pelo canto do quadro enquanto fuma e olha para fora de cena e o quarto olha por uma lupa com ar inquisitivo.

No meio do quadro está uma pirâmide quadrangular de aço sólido polido que age como um espelho. Devido ao peso da peça deve ser retirada regularmente para não deteriorar o quadro. Esta pirâmide está acompanhada de uma caixa de madeira onde pode ser guardada.

Quando a pirâmide é colocada no centro do quadro, o visitante pode olhar de frente para o seu vértice e é possível ver a composição de um homem, criada a partir do reflexo dos quatro homens deformados em cada face da pirâmide.

A anamorfose encontra-se à entrada da segunda sala do Gabinete de Física entre outros exemplos de deformações de óptica. A ilustração utilizada teria que ser digitalizada e existiria uma complexidade adicional em simular os reflexos do espelho no motor tridimensional. Além disso, para introduzir mais variedade à experiência, seria necessário produzir mais ilustrações que funcionassem com o mesmo sistema.

Categoria: De Luce, De Dioptica, De Catoptrica (Da Luz, Da Dióptrica, Da Catóptrica)

Funcionamento: “Anamorfose pintada em madeira que pode ser observada através das superfícies polidas das faces de uma pirâmide de base quadrangular, colocada no centro do quadro. (...) Quem observa o quadro, colocando os olhos segundo uma direcção que passe pelo vértice da pirâmide e perpendicularmente à base desta, vê a figura de uma quinta personagem masculina, resultante da combinação das quatro imagens dadas pelas quatro faces da pirâmide (...) A pirâmide é maciça e muito pesada, sendo feita de aço polido, e pode ser retirada do quadro” (Ruivo, 1997 p. 324).

Construtor: Desconhecido

Materiais: Aço polido, latão e pintura sobre madeira

Tamanho: Anamorfose 75 x 75 cm; Base do espelho 13 x 13 cm

Experiência exemplo:

- Retirar pirâmide de aço da caixa
- Colocar pirâmide no quadro
- Alinhar com a pintura



Fig. X - Anamorfose

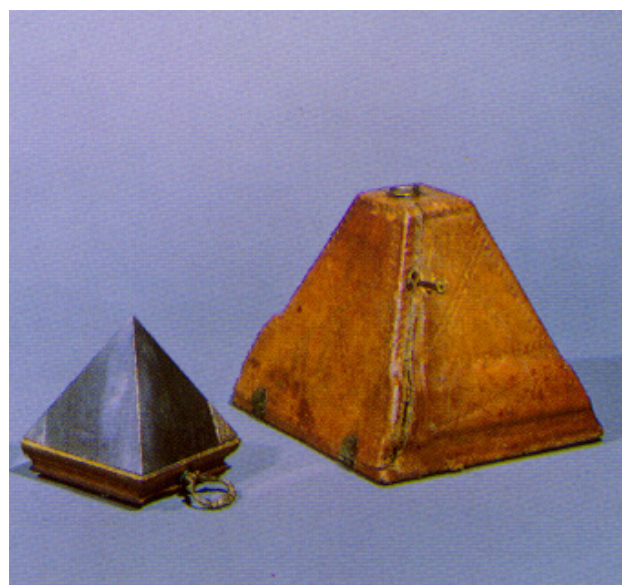


Fig. X - Espelho piramidal

Categoria: De Electricitate (Da Electricidade)

Funcionamento: Através da rotação da manivela, o cilindro de vidro irá iniciar o movimento de rotação contra a almofada de couro que recolhe a carga negativa gerada pela fricção entre os dois materiais. As pontas aguçadas recolhem também a carga negativa mas por influência devido à proximidade com o vidro. É possível causar uma descarga eléctrica ao aproximar os dois condutores articulados um do outro e é também possível fazer recolha de carga eléctrica se um dos condutores cilíndricos for ligado à terra.

O Gabinete de Física tem na sua colecção outras máquinas do mesmo construtor, algumas anteriores, que permitem realizar experiências semelhantes. Uma destas máquinas de aspecto semelhante mas de menor dimensão e com condutores de madeira no lugar de latão foi adquirida para o Gabinete de Física. Esta máquina destinava-se inicialmente ao tratamento de doenças através da utilização de choques eléctricos.

Construtor: Edward Nairne

Materiais: Vidro, latão, couro e madeira

Tamanho: 120 x 66 x 124 cm

Experiência exemplo:

- Ligar pilhas a extremos
- Rodar manivela
- Carregar pilha com energia positiva
- Rodar no sentido inverso
- Carregar com energia negativa

5.1.8. MÁQUINA ELÉCTRICA DE NAIRNE

Esta máquina é constituída por um cilindro de vidro disposto horizontalmente com uma manivela metálica com manípulo de madeira numa das suas extremidades, o que permite a rotação do cilindro sobre o seu eixo longitudinal. Em cada um dos lados, paralelamente ao eixo do vidro, existe um cilindro de latão que serve de condutor eléctrico. Num dos lados existe uma almofada de camurça para recolher carga gerada pelo vidro enquanto no lado oposto há um conjunto de pontas aguçadas afastadas do vidro mas orientadas na sua direcção. Na extremidade oposta à manivela, na ponta dos tubos de latão, está um condutor articulado de menor espessura com esferas nas extremidades. Toda esta estrutura é suportada por colunas de vidro que servem de isoladores eléctricos. A máquina está fixa a uma pequena mesa de madeira.

A máquina está situada no centro da primeira sala do Gabinete de Física juntamente com outros aparelhos do estudo da electricidade e é abordada durante a visita guiada, dando-lhe assim grande visibilidade. A complexidade da experiência permite explorar diferentes abordagens ao seu funcionamento.



Fig. X - Máquina Eléctricade Nairne

5.1.9. AVALIAÇÃO DA SELECÇÃO

Depois de realizada a investigação sobre os instrumentos seleccionados e realizados alguns estudos do potencial de cada um para a experiência, cada um dos objectos foi avaliado numa escala de 1 a 3 (em que 1 corresponde ao valor mais baixo e 3 ao valor mais alto) em cinco categorias:

- **Funcionalidade** – Define a complexidade da experiência realizada utilizando o instrumento assim como o potencial de modificar ou expandir a experiência.
- **Estética** – Valor artístico e estético que a peça transmite ao ser observada
- **Acessibilidade** – O posicionamento do instrumento no Gabinete de Física e com que facilidade é possível observá-lo – se está dentro de um dos armários (prateleira, superior, média ou inferior) ou fora, se se encontra no centro da sala ou em cima de um expositor.
- **Potencial** – O potencial do instrumento e da experiência para ser utilizado como experiência interactiva permitindo exploração face a uma simples animação do processo.
- **Complexidade** – A complexidade de reprodução do instrumento e da implementação da experiência, assim como as diferentes abordagens possíveis. Neste caso, quanto maior o valor da avaliação mais difícil a tarefa de associada.

Instrumentos	Funcionalidade	Estética	Acessibilidade	Potencial	Complexidade
5.1.1. Porosidade	3	3	1	3	3
5.1.2. Duplo Cone	1	1	1	1	1
5.1.3. Autómato	1	3	2	2	3
5.1.4. Deformação	1	2	1	1	1
5.1.5. Fonte	3	2	3	3	2
5.1.6. Eolípila	3	2	2	2	3
5.1.7. Anamorfose	2	3	3	2	3
5.1.7 Máquina	3	3	3	3	3

Fig.X. Tabela com avaliação dos instrumentos seleccionados numa escala de 1 a 3.

Os instrumentos que mais se denotaram nesta avaliação foram utilizados nas diferentes abordagens criadas na concepção da experiência, culminando na escolha final de utilizar a Máquina Eléctrica de Nairne como objecto de estudo do projecto, incluindo-a em diferentes componentes do desenvolvimento como storyboards e protótipos de baixa fidelidade. A escolha deste instrumento deve-se a vários factores. É possível observar na tabela acima que todos os parâmetros de avaliação deste instrumento são do valor máximo na escala.

O destaque deste exemplar da Máquina de Eléctrica de Nairne prende-se com diferentes factores: o facto do instrumento estar posicionado no centro da sala, adjacente ao corredor principal que liga ambas as salas, garante a melhor acessibilidade para o estudo e recolha de informação assim como visibilidade e liberdade para o abordar durante a utilização da aplicação; o seu visual é apelativo e não muito complexo, e apesar da estranheza causada pelo sua silhueta, a sua composição resume-se maioritariamente a cilindros e esferas o que o torna perfeito para a tarefa de modelação; por fim, as suas mecânicas permitem realizar uma experiência rápida mas também experimentar diferentes alternativas de interacção e resultados diferentes.

5.2. CONCEPÇÃO DA EXPERIÊNCIA

O processo de desenvolvimento da experiência foi iniciado tendo em conta todo o espólio do Gabinete de Física de forma a tentar comunicar todo conhecimento que os instrumentos permitem criar. Concluindo-se rapidamente que seria uma tarefa impossível, a alternativa seria criar uma experiência focada num só instrumento representante de uma categoria maior e fazer referência a outros instrumentos relacionados que ajudam a compreender os diferentes conceitos dessa categoria.

As abordagens foram trabalhadas sequencialmente utilizando diferentes instrumentos como caso de estudo, tentando trabalhar as ideias entre cada abordagem. Desta forma foi possível observar cada uma como um exemplo diferente e retirar conclusões que permitiram criar a abordagem seguinte, tornando ideias vagas em elementos fixos que acabaram por ser utilizados na aplicação.

Durante o desenvolvimento foram sendo criados em paralelo recursos que ajudaram na concepção dos elementos finais. O processo de desenvolvimento da imagem gráfica foi iterativo e prende-se muito com as ideias que foram surgindo durante este processo. A ideia de manter uma estética associada ao Gabinete de Física permitiu desenvolver vários elementos baseados em objectos históricos, como o caderno onde se registam os instrumentos, o símbolo dos capítulos, a aparência da Narradora e muitos outros elementos.

O objectivo deste processo é tentar aos poucos melhorar conceber uma aplicação que permita ao utilizador ter a melhor experiência de visita ao Gabinete de Física. Contudo, o desenvolvimento vai ser focado numa única experiência interactiva que, caso seja bem sucedida, deixará registado neste documento o processo para que possa ser replicado para outros instrumentos, expandindo aos poucos a aplicação para dar a conhecer o Gabinete de Física a cada vez mais pessoas.

O final deste processo culminará num protótipo funcional desenvolvido em Unity para dispositivos móveis com o sistema operativo Android

5.2.1. PRIMEIRA ABORDAGEM

O conceito inicial para a aplicação seria criar uma experiência para cada instrumento. Nesta experiência seriam fornecidas tarefas que o utilizador deveria cumprir de forma a desbloquear mais informação e no fim obter uma conclusão. Para a realizar teríamos acesso ao instrumento e a outras ferramentas que permitissem interagir com ele. A experiência a realizar seria baseada no funcionamento original do instrumento e partir daí seria aprofundada inserindo elementos diferentes que no caso original não existiam, de forma a adicionar variedade ao processo.

Conceptualizamos a experiência tomando o Conjunto para Estudo da Porosidade como exemplo (ver p. X). O utilizador teria acesso ao instrumento e a uma lista de crivos (não só os de ferro e ouro, mas de outros metais) e uma lista químicos/líquidos (para além do mercúrio). Depois de um pequeno texto introdutório, iniciar-se-ia a experiência, sendo livre a sua abordagem ao problema, podendo optar-se por seleccionar um crivo para colocar no trempe ou um líquido para despejar sobre o crivo. Para verificar interacção entre estes dois elementos o utilizador teria que colocar um líquido dentro do crivo e assim o foco da câmara seria na interacção entre eles. Caso se verificasse que um objectivo fosse cumprido e a experiência realizada correctamente a experiência terminaria e seriam mostradas as conclusões e as razões para aquele resultado. Caso a experiência falhasse, o utilizador seria notificado criando assim um ciclo de tentativa e erro nos quais as opções fossem reduzindo até chegar ao resultado pretendido.

A experiência seria constituída por várias tarefas que assim que cumpridas, levariam a outra tarefa, até atingido o fim da experiência. Para as realizar seria necessário utilizar os seguintes elementos:

Crivo: Ouro, Prata, Estanho, Zinco (onde se verificava a penetração do mercúrio no metal podendo suceder a criação de amálgama) ou Ferro, Platina, Tungsténio (o mercúrio não penetra).

Líquido: Mercúrio, Água, Azoto.

Cada vez que era feita uma combinação entre qualquer um dos crivos e um elemento líquido era registado o resultado, notificando o utilizador se a experiência tinha sucedido ou falhado. Para terminar correctamente a experiência, com os resultados esperados como o da experiência original, seria necessário realizá-la colocando o mercúrio no crivo de ouro e de ferro. O utilizador receberia uma notificação acerca do sucesso da experiência e poderia então voltar seleccionar outro instrumento.

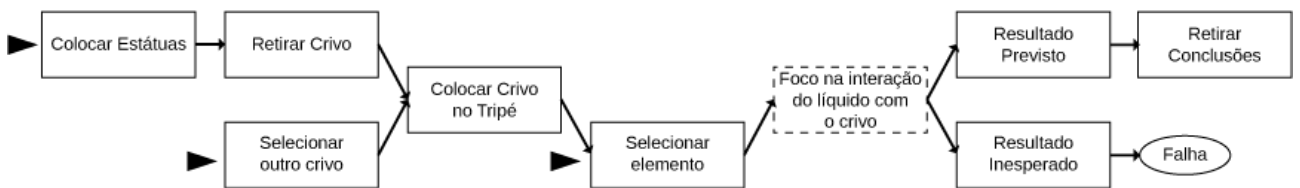


Fig.X Trajectória da experiência, com os vários pontos de entrada assinalados pelo triângulo. Dentro de cada rectângulo está uma tarefa que leva a outra.

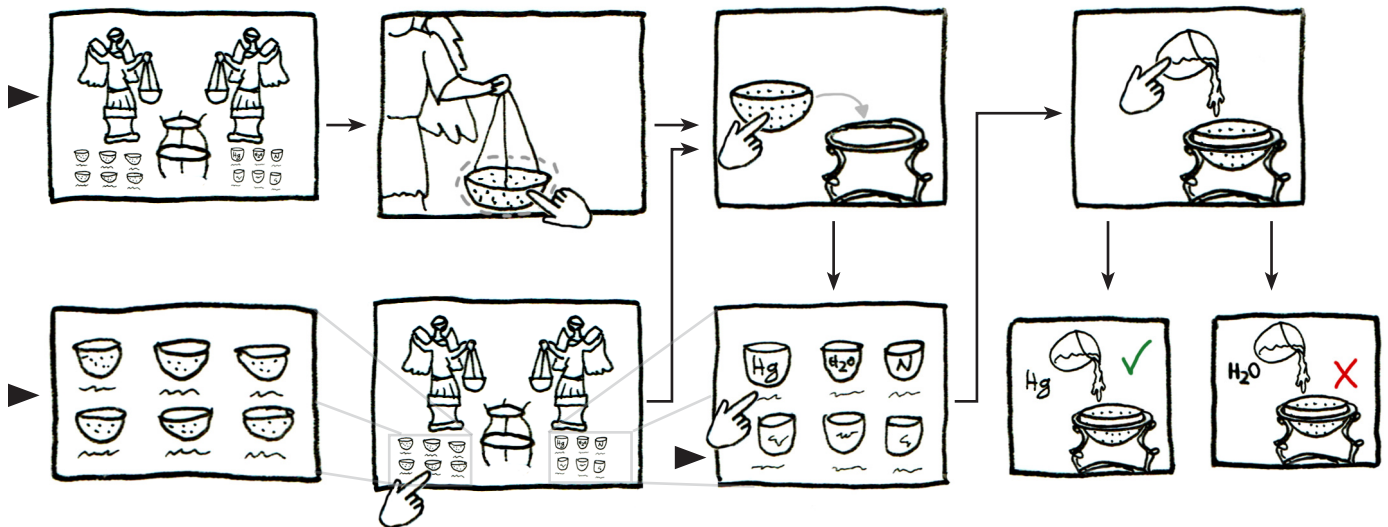


Fig.X Storyboard para esta experiência. Podemos verificar que os crivos nos anjos sugerem abordagem a ter, sendo os dois os correcto para cumprir o objectivo, faltando apenas encontrar o líquido certo.

Esta primeira abordagem tentou acrescentar novas vertentes às experiências algo lineares que os instrumentos têm, tentando transformá-las em experiências mais complexas, acrescentando diferentes opções de interacção. Verificou-se que o número elevado de vertentes e abordagens dentro de cada experiência pode levar ao desinteresse pela repetitividade das tarefas ou pela quantidade de tempo que é necessário para as completar, sem hipótese de experimentar vários instrumentos no tempo reduzido da visita. As diferentes abordagens podem também confundir o utilizador e tornar mais difícil a aprendizagem dos princípios científicos por detrás da experiência. Dado que a experiência é reduzida a sistema de tentativa e erro, a mecânica da interacção pode ser explorada pela sua repetitividade, permitindo ao utilizador resolver o desafio sem reflectir sobre o conhecimento que obteve durante a experimentação.

5.2.2. SEGUNDA ABORDAGEM

A segunda abordagem começou por definir que a experiência seria realizada exatamente como descrita de forma a ser directa e transmitir o conhecimento de forma mais simples. O utilizador continuaria a ter disponíveis várias opções para abordar a experiência mas todos os seus elementos encontram-se na investigação, não sendo tomadas nenhuma liberdades para além do material original.

Para esta abordagem foi escolhida a Fonte de Compressão e a Bomba (ver p. 41). A esta experiência juntamos elementos para tornar possível realizar a experiência com álcool e fogo realizada com uma a Eolípila (ver p. 42). A possibilidade de realizar uma experiência semelhante, sem ebulição do álcool, foi sugerida pelos guias do Gabinete de Física.

Foi realizado um storyboard simplificado (FigX) que demonstra as diferentes fases da utilização da aplicação dividindo-se em três momentos distintos: a animação de boas vindas no início da aplicação, a escolha do instrumento que o utilizador pretende experimentar e a experiência realizada com o instrumento.

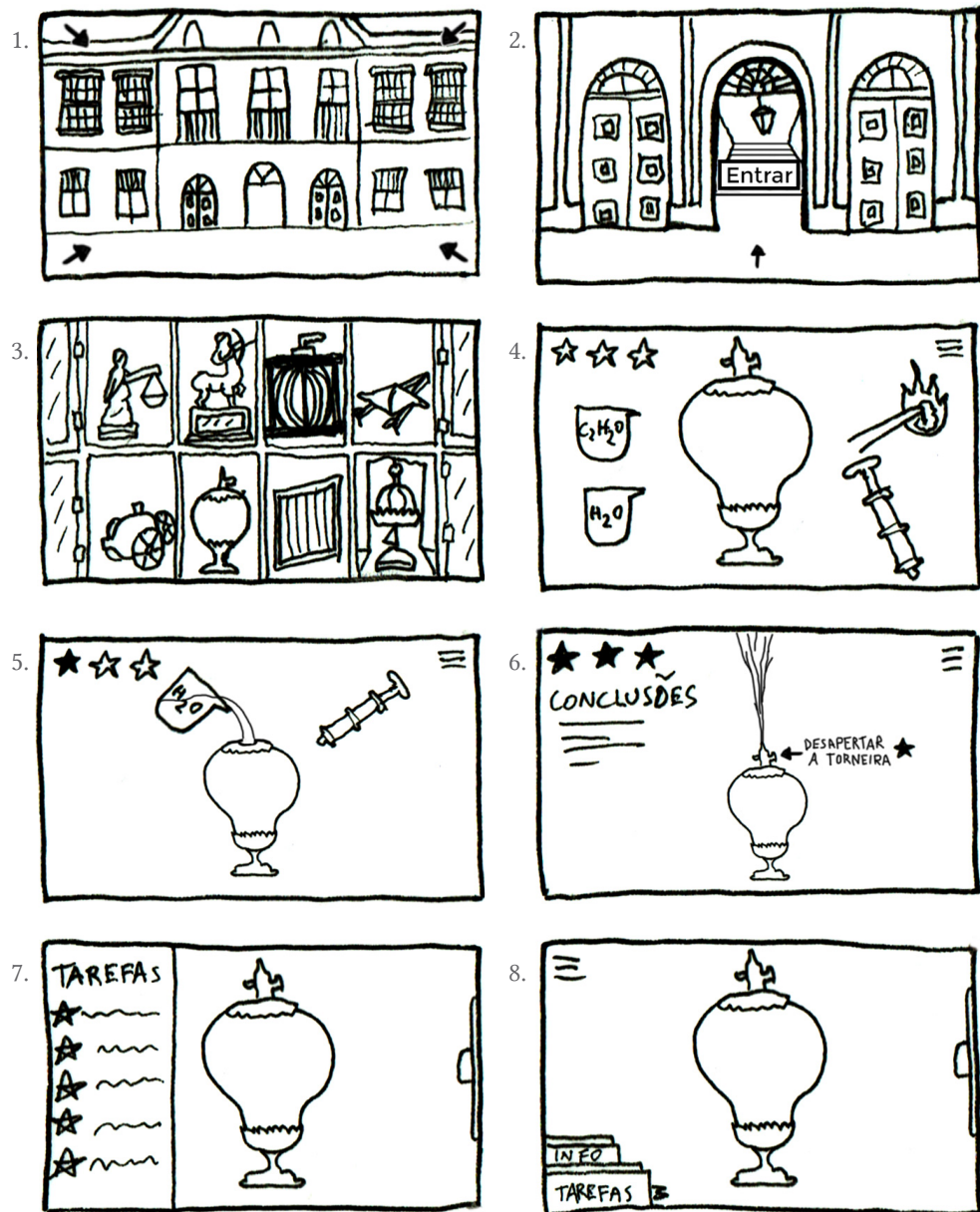


Fig. X Storyboard para segunda abordagem onde é realizada a experiência com a Fonte de Compressão

No primeiro painel podemos ver o início da aplicação, onde surge a entrada para o Colégio de Jesus seguido de uma aproximação até à porta, como se vê no segundo painel. Depois de clicar no botão “Entrar” surgiria um armário com vários instrumentos disposto numa grelha modular, como podemos ver no terceiro painel. Para iniciar uma experiência bastaria escolher um dos instrumentos, e assim, como representado no quarto painel, era apresentado o aparelho selecionado assim como os várias ferramentas que permitem realizar a experiência. No caso da fonte de compressão seria possível desenroscar a parte superior, abrir a torneira e, para interagir com a mesma, teríamos água e bomba de compressão (para a experiência que resultaria no jacto de água devido à pressão) e álcool e fogo (para a experiência com o jacto de fogo). Cada vez que um passo da experiência era realizado correctamente seria oferecida uma Estrela. Neste caso, as três estrelas seriam ganhas ao concretizar três tarefas: 1º desenroscar parte superior da fonte de compressão; 2º colocar a água, recolocar a tampa, abrir a torneira; 3º retirar o ar com a bomba, fechar a torneira antes de retirar a bomba e libertar o jacto de água. Depois de concluídas as tarefas seria dado um resumo da experiência e uma explicação para o fenómeno verificado como podemos ver sexto painel. A experiência do fogo podia ser realizada para ganhar estrelas adicionais. Estas estrelas serviriam de pontuação para o desempenho e para desbloquear no menu de selecção experiências com outros instrumentos que não estavam disponíveis no início. Este sistema incentiva o utilizador a explorar as várias opções da experiência.

As diferentes tarefas a realizar, as dicas acerca da experiência, os objetivos alternativos e o progresso da experiência seriam consultados através de um menu lateral, como no sétimo painel, que apresenta uma lista das tarefas e estrelas associadas a tal tarefa com o ícone preenchido a simbolizar a tarefa cumprida e o ícone vazio a simbolizar uma tarefa incompleta. No início de cada experiência, apresentar o instrumento e as ferramentas espalhadas pelo o ecrã, sem qualquer ordem lógica, poderia causar confusão e, caso a experiência que está a ser realizada necessitasse de muitos elementos adicionais ao instrumento, não existiria espaço para os apresentar a todos. Para simplificar este sistema surgiu a hipótese da criação de um menu onde seriam guardadas as várias ferramentas. Como podemos verificar no oitavo painel, o menu das tarefas poderia ser colapsado para um ícone no canto inferior esquerdo enquanto o menu das ferramentas apareceria à direita, acessível através de um pequeno puxador na vertical. Esta ideia levou ao desenvolvimento de novos elementos para a aplicação.

As novas funcionalidades recorrem a elementos do Gabinete de Física e da sua história para serem representadas. Estes elementos são: o Armário que, assim como no espaço físico, contém os diferentes instrumentos científicos; o Index Instrumentorum que, assim como o original, contém informação acerca dos instrumentos; o Caderno que representa a presença do utilizador como um aluno que frequenta o Gabinete de Física como parte do seu percurso académico e a gaveta das ferramentas que guarda os diferentes elementos utilizados na experiência e remete para o mobiliário dos laboratórios como no Laboratório Chimico. Os esboços desenvolvidos para representar estas componentes podem ser consultados no Anexo 5. Assim, os vários elementos que compõem a aplicação seriam os seguintes:

Armário:

- Contém instrumentos expostos dentro de vitrines;
- Cada vitrine pode ser aberta com uma chave;
- Chaves podem ser obtidas ao finalizar experiências e utilizadas em qualquer armário para desbloquear novos instrumentos.

Index Instrumentorum:

- Tem registo de todos os instrumentos;
- Descrição breve dos Instrumentos e de como os utilizar;
- Pode revelar dicas para experiências adicionais.

Caderno:

- Registo do progresso para cada instrumento;
- Registo das várias acções realizadas;
- Estrelas que mostram tarefas completas.

Ferramentas:

- Espólio de ferramentas que podem ser utilizadas para completar as experiências;
- Só algumas funcionam em certas experiências;
- Vão sendo desbloqueadas conforme são destracados novos Instrumentos.

Objectos

- É apresentado no centro do ecrã e podem ser rodados;
- Têm indicadores de onde é possível interagir (ex: que peças podem ser retiradas);
- A interacção depende dos instrumentos e seria necessário recorrer ao toque, duplo toque e arrasto.

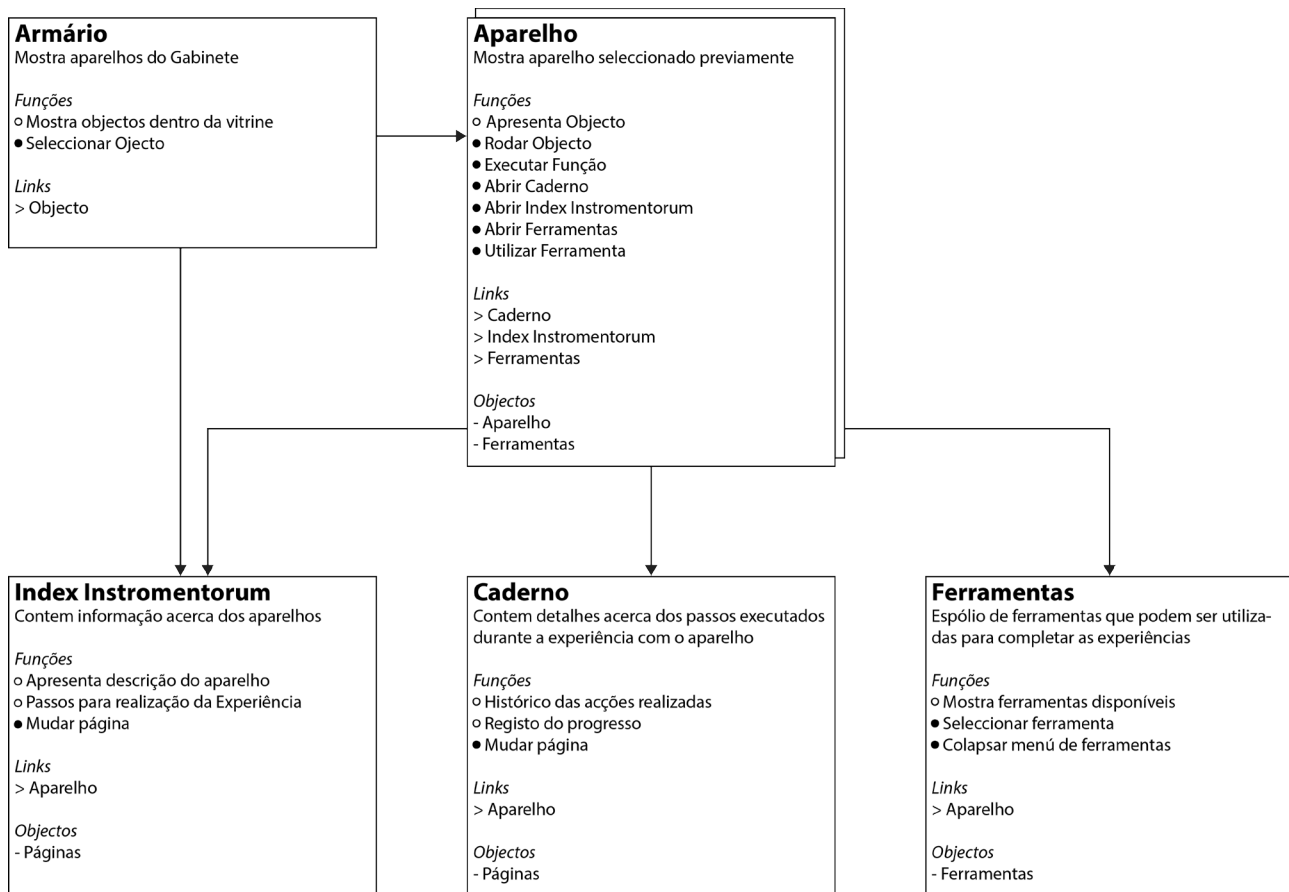


Fig. X - User Environment Design (UED) que mostra a relação de cada um dos elementos que compõem a aplicação, as funções de cada um e a forma como estes interagem entre si.

As imagens que se seguem são o esboço de uma interacção possível. Neste cenário é apresentado um instrumento (Fig. X1) e, para saber como utilizá-lo, é necessário consultar o *Index Instrumentorum* (Fig. X2). Este contém uma pequena ilustração do instrumento e, na sua descrição, o utilizador apercebe-se que o primeiro passo será utilizar água e para tal terá que aceder à gaveta das ferramentas. Arrastando o puxador da esquerda para a direita, é possível ver todas ferramentas disponíveis e encontrar a água que, para ser utilizada, é arrastada para junto do Instrumento ficando um espaço vazio na gaveta onde se encontrava o líquido (Fig. X3).

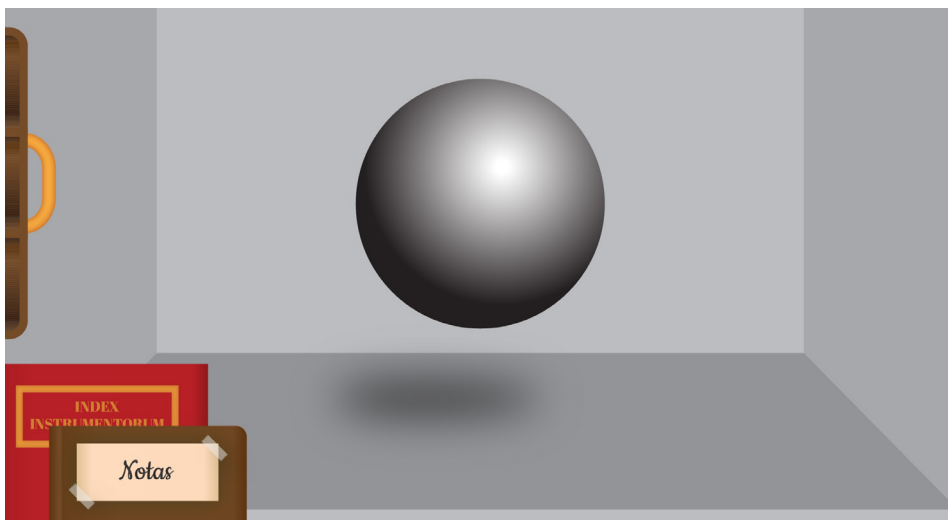


Fig X1. O Instrumento é representado pela esfera. Este é o ecrã principal na realização de uma experiência. Nele temos acesso a todas as componentes anteriormente referidas.

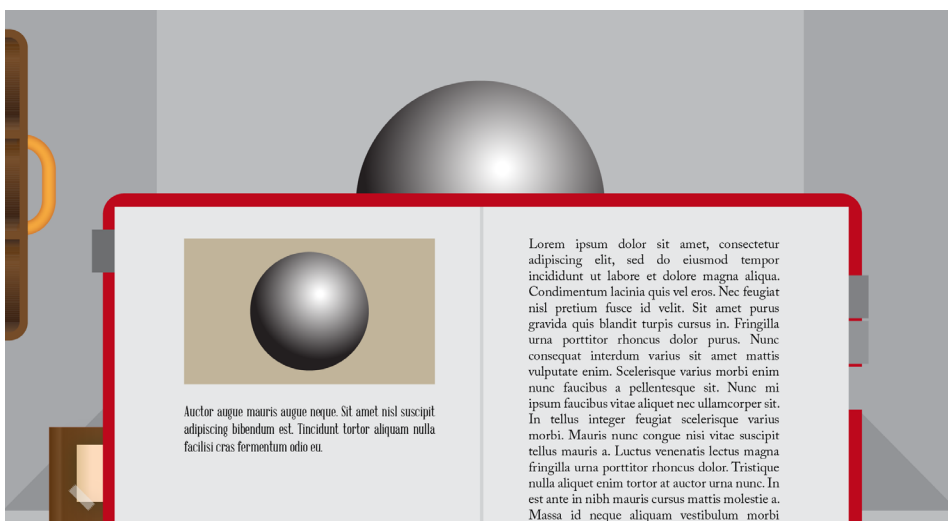


Fig. X2 Esboços do Index, utilizado para obter mais informações acerca da utilização do instrumento. Contém uma imagem do instrumento, os detalhes técnicos e informação acerca da sua utilização. O Index tem marcadores que permitem aceder rapidamente a outros instrumentos.

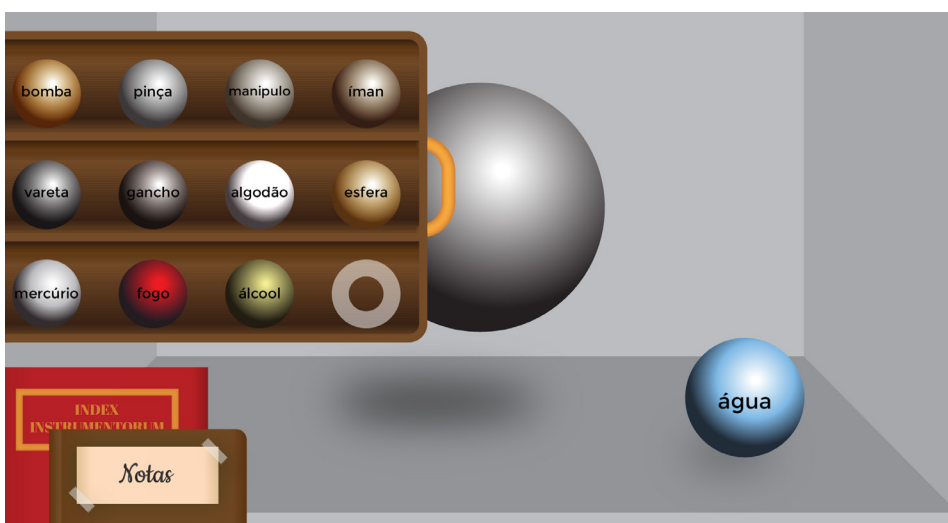


Fig. X3 O Armário disponibiliza um variado número de elementos que permitem interagir com os diferentes instrumentos. Nem todos os elementos provocam reacções ao serem utilizados com certos instrumentos. É necessário compreender a experiência que está a ser realizada e escolher os elementos certos.

5.2.3 TERCEIRA ABORDAGEM

Depois de analisar os vários elementos concluiu-se que a interacção com os objectos poderia ser realizada através de Realidade Aumentada (RA), em vez de os seleccionarmos num menu virtual. Com esta técnica poderíamos aproximarmo-nos de qualquer objecto do Gabinete de Física e, num cenário perfeito, transportar o objeto para o mundo virtual fazendo um *scan* da sua forma. Se não fosse possível utilizaria-se-ia um marcador como nos sistemas de Realidade Aumentada comuns. Isto permitiria que o utilizador coleccionasse os vários objectos enquanto ia descobrindo mais sobre eles. A existência do Caderno e do Index seria repetitiva. Sendo assim foi criado um caderno de recortes e apontamentos. Estes recortes e apontamentos poderiam ser adquiridos ao interagir com objetos menores ou marcadores de RA espalhados pelo Gabinete de Física. Em baixo encontra-se um esboço do que seria a experiência com o instrumento.



Fig.X O utilizador aproximar-se-ia do Instrumento que gostaria de conhecer melhor.



Fig.X Na aplicação liga a função de *scan* para verificar o instrumento.



Fig.X Após uma verificação a representação tridimensional do instrumento surgiria no ecrã do dispositivo móvel.

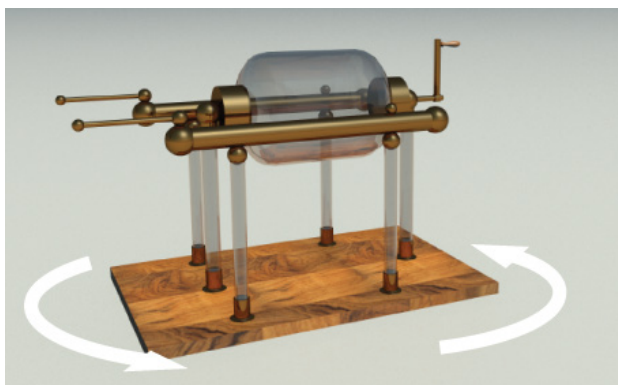


Fig.X Seria possível interagir com o Instrumento tendo o Gabinete de Física como fundo ou transformá-lo para um cenário virtual. É possível rodar o instrumento.

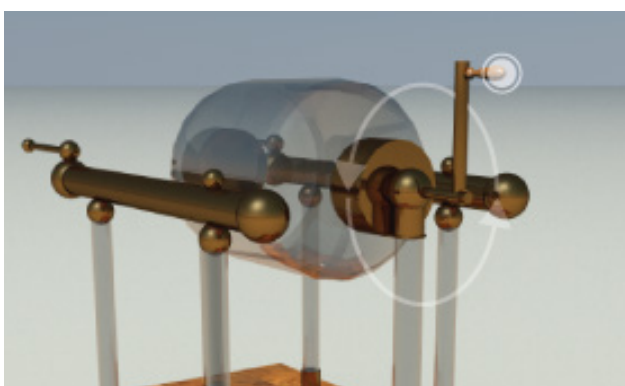


Fig.X As opções de interacção apareceriam assinaladas perto do instrumento, por exemplo setas para indicar a direcção de arraste e pontos para indicar que aquela parte do instrumento pode ser movida. Neste caso a manivela é utilizada para gerar electricidade estática.

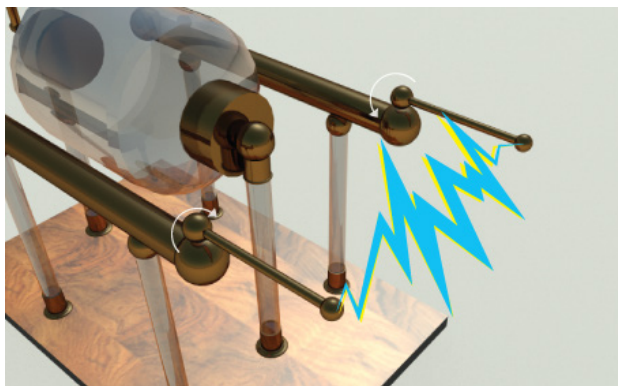


Fig.X Os manípulos da Máquina podem ser movimentados para criarem o arco de electricidade entre eles, quando maior a proximidade. Seria possível simular um choque ao tocar em ambos os manípulos simultaneamente activando a função de vibração no dispositivo.

Ao vaguear pelo Gabinete de Física, o utilizador poderia registar diferentes instrumentos utilizando a câmara do dispositivo móvel. Cada registo daria acesso a nova informação do tema associado ao instrumento registado. Esta informação poderia vir em forma de texto descritivo, de uma citação de um texto de uma das figuras associadas ao Gabinete de Física, em formato de imagem ou em formato de excerto de som (mensagem falada ou um clip do som do funcionamento do instrumento).



Fig X. Caderno com a informação do instrumento na página da esquerda. Os autocolantes no fundo da página confirma o registo das três Máquinas de Nairne existentes. Na página da direita estão dispersos os diferentes elementos coleccionados ao visitar os diferentes instrumentos associados ao tema da Electricidade. Estas informações incluem fotografias, selos, recortes e ilustrações.

A aplicação não pode recorrer apenas a um instrumento por tema. Reduzir cada tema a um só exemplar da colecção não enaltece o seu valor histórico e científico. A solução é utilizar os diferentes instrumentos que se relacionam dentro de cada temática para criar um ambiente exploratório em que o Utilizador pode aprender aos poucos acerca da temática que mais lhe interessa. A experiência final deve ser o culminar da exploração prévia, os conceitos abordados durante a descoberta dos restantes instrumentos devem ser aplicados na execução dessa experiência interactiva. Desta forma é possível fornecer pequenas quantidades de informação, facilitando a sua compreensão e fundamentação.

5.2.4 QUARTA ABORDAGEM

Após a revisão das abordagens anteriores foi concebido um novo storyboard onde se procurou melhorar as ideias e mecânicas já descritas e simplificar algumas das partes da aplicação como o Caderno e os métodos de interacção. Foram também introduzidas ideias como a do “Professor” que serviria de narrador e guia dentro da própria aplicação. É uma figura que pretende transmitir alguma autoridade mas também um guia que fornece conteúdo e estrutura à narrativa que se pretende criar servindo assim também de facilitador (Falk, 2005 p.110-111), permitindo a experiência e aprendizagem de quem o acompanha, neste caso, o utilizador da aplicação.



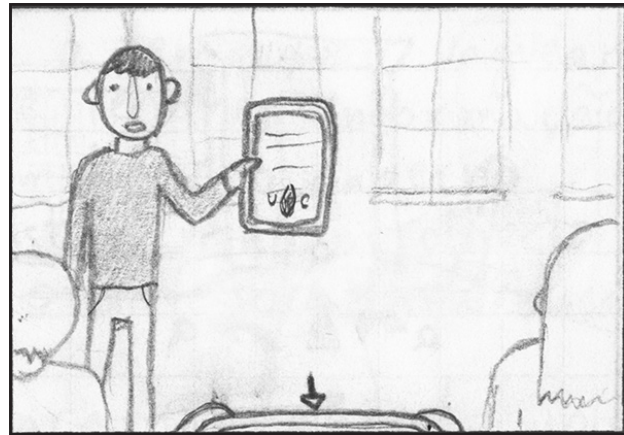
1. Iniciar a App



2. Ao clicar "INICIAR" o botão desaparece e é feito zoom out revelando ao utilizador um caderno que se abre enquanto a câmara se reposiciona



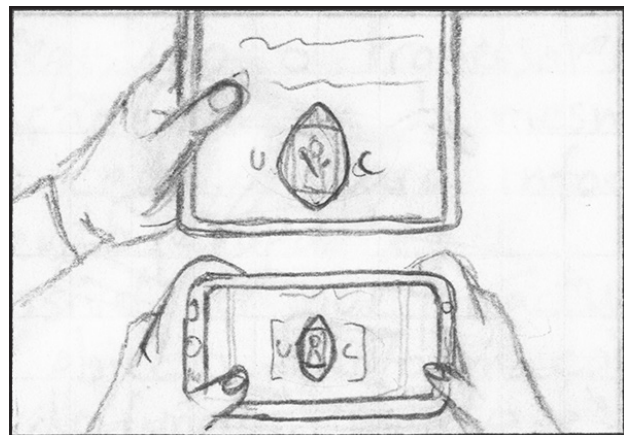
3. Na primeira página é pedido o nome do utilizador e em baixo está um espaço para um selo



4. O Guia do Museu faz a contextualização histórica e apresentação do Gabinete de Física. O utilizador deve ouvir o Guia que no fim da apresentação fornece o selo que permite desbloquear a Aplicação



5. O Utilizador clica no botão Selo para aceder à câmara e registar o selo



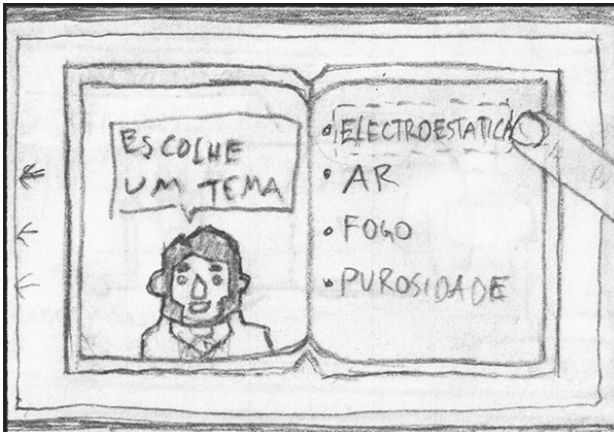
6. Com a câmara apontada para o selo, a App reconhece-o e regista-o na primeira página do Caderno o que permite iniciar a visita



7. Aparece uma indicação no canto da página que mostra ao utilizador como virar a página e assim iniciar a visita



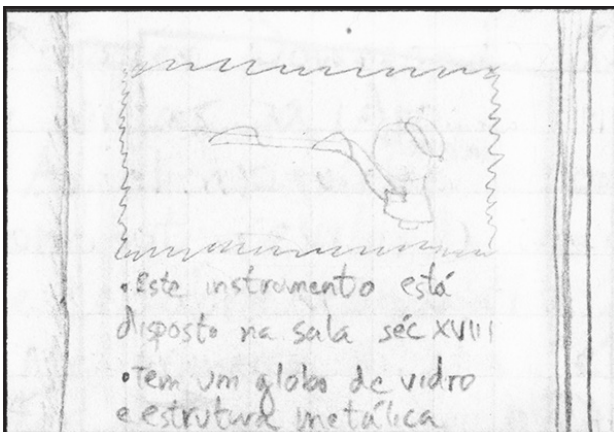
8. O Caderno abre-se num Índice onde estão listados os vários temas ensinados no Gabinete de Física. Da esquerda do ecrã surge uma figura que se introduz como o "Professor" que descreve os temas e guiará o utilizador através da experiência



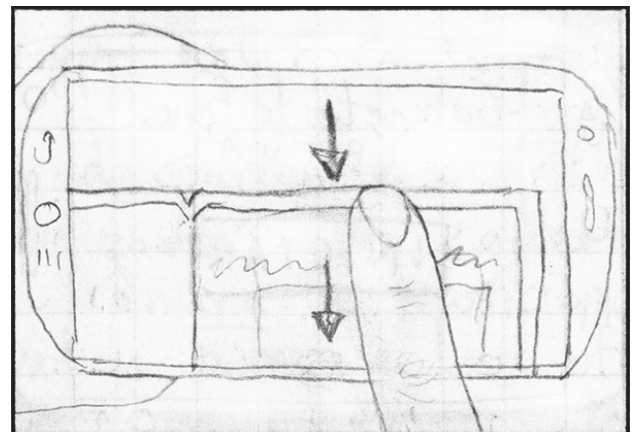
9. Depois da introdução, o retrato do Professor sai da frente do Caderno onde é possível seleccionar um dos temas listados no Índice e assim iniciar o percurso que levará o utilizador a conhecer o tema e terminará numa experiência prática



10. Quando o tema é seleccionado a página muda automaticamente para a correspondente ao mesmo. O Professor inicia a sua introdução ao tema escolhido. Na página podemos ver o título seguido de espaços em branco que devem ser preenchidos com imagens e as respectivas descrições ou dicas de como obter as imagens. Nas páginas que correspondem a cada um dos temas é possível ver o progresso através de uma barra de progresso ou número de instrumentos registados



11. Além das dicas dadas pelo Professor, são apresentadas debaixo de cada espaço para imagem no Caderno alguns passos sobre como chegar ao respectivo instrumento ou pedaço de informação



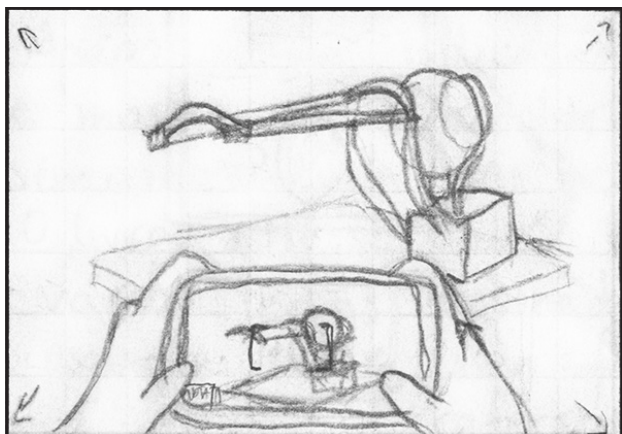
12. Depois de ler as direcções o Utilizador deve arrastar o livro para o canto inferior esquerdo para o retirar do ecrã e ter acesso à câmara que utilizará para registar e interagir com os Instrumentos



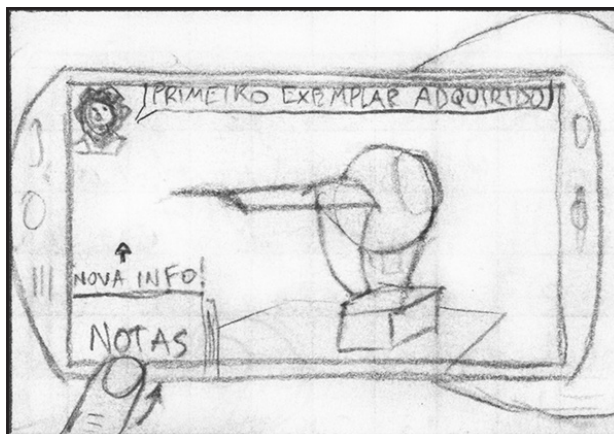
13. O Utilizador pode seguir as dicas e procurar os objectos relacionados com o tema, ou vagar livremente pelas salas do Gabinete de Física e recolher informação de instrumentos aleatórios para completar o Caderno



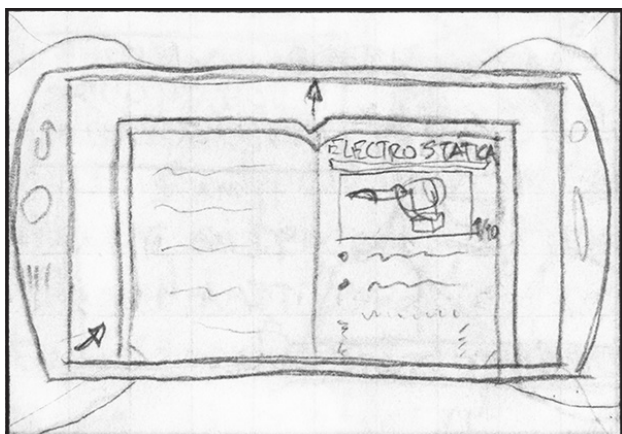
14. Se o Utilizador não registar nenhum instrumento durante um período extenso, o Professor dará dicas relacionadas com o tema



15. Ao apontar a câmara para um instrumento é iniciado o seu registo



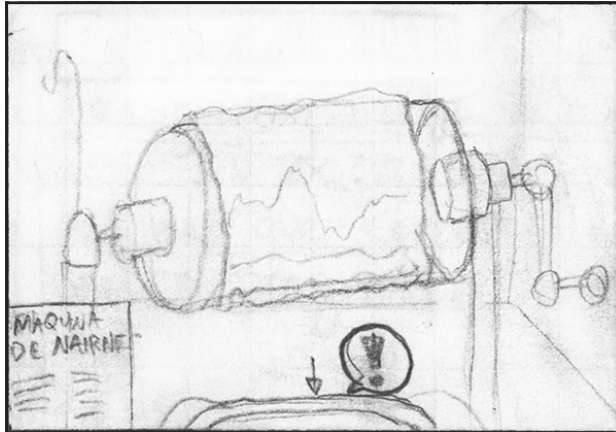
16. Quando um instrumento é registado o Professor comunica alguma informação acerca do mesmo. Surge uma notificação no Caderno para informar acerca do registo do Instrumento e actualização da informação disponível



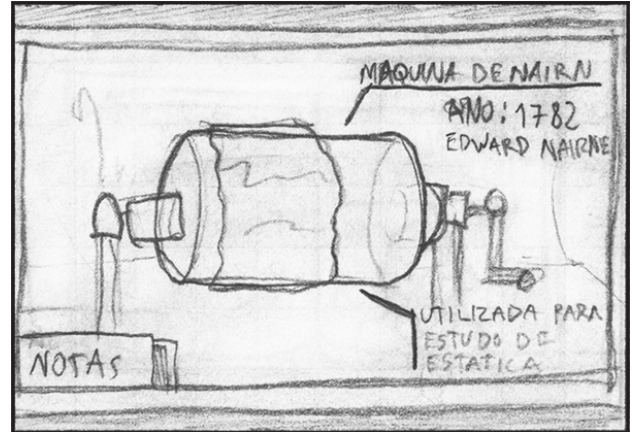
17. Ao abrir o Caderno é possível ver que foi actualizado com imagem do instrumento e informações adicionais como descrição do funcionamento e fundamentos científicos.



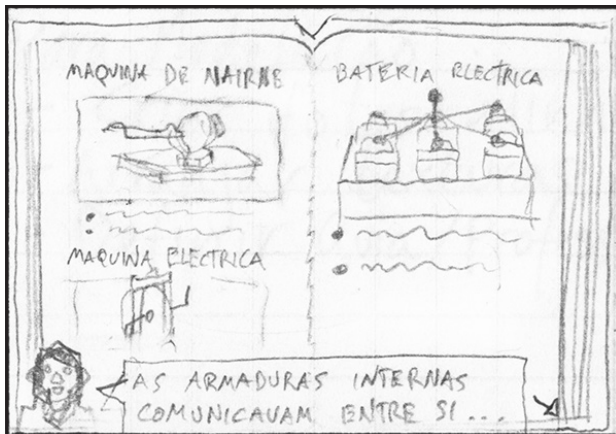
18. Arrastar o caderno para baixo permite reactivar a câmara e seguir com a explicação do tema dada pelo Professor



19. Quando um novo instrumento é detectado e registado, a aplicação notifica o Utilizador através de som/vibração e uma mensagem de texto perto do caderno (fig.X)



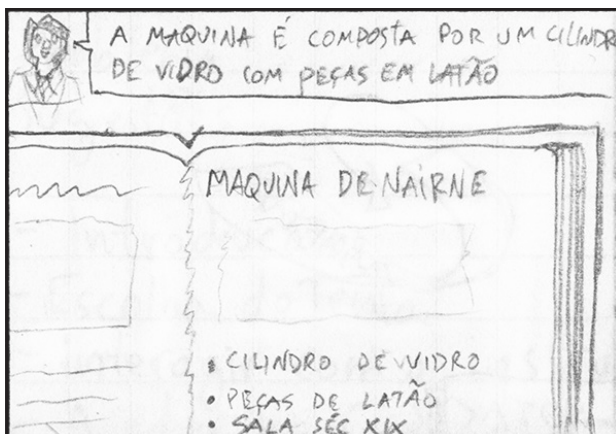
20. Se um instrumento já foi registado e a câmara é apontada para ele é apresentado o seu nome, ano de criação, nome do construtor e um pequeno resumo do seu funcionamento. Esta legenda é apresentada utilização de Realidade Aumentada



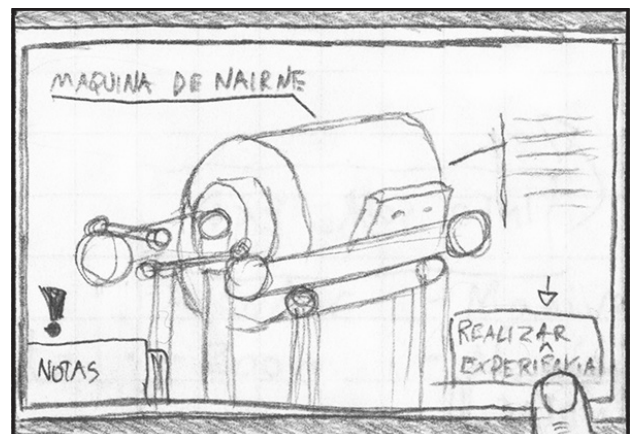
21. Com o registo dos vários instrumentos correspondentes a cada tema o utilizador preenche o caderno e fica a conhecer mais acerca daquele tema. O Professor contextualiza cada registo e vai apresentando e especificando os conhecimentos científicos que é possível retirar de cada instrumento ou de um conjunto.



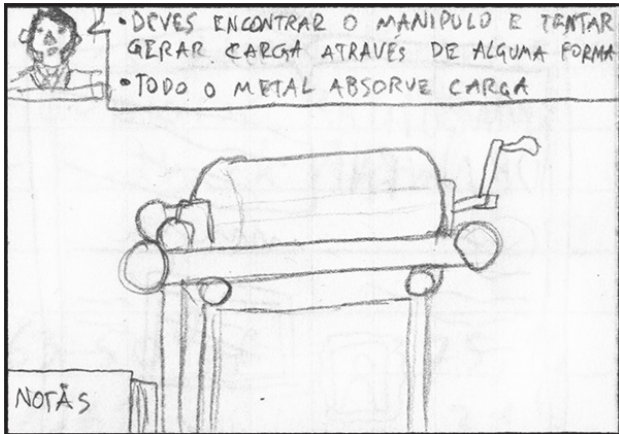
22. Quando registamos todos os instrumentos de um tema o Utilizador é notificado de que é possível realizar uma experiência prática com um instrumento



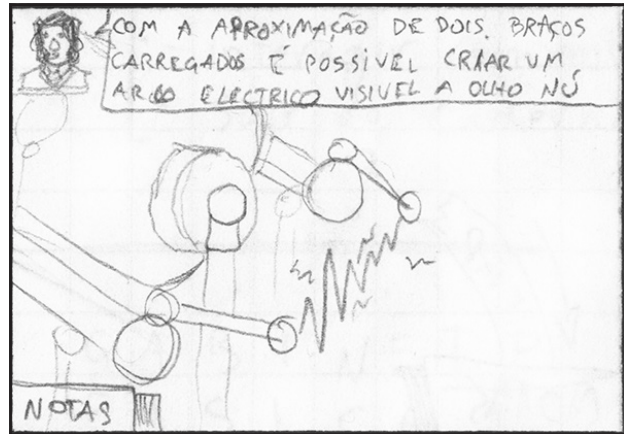
23. É fornecida informação acerca do instrumento com o qual será realizada a experiência e onde encontrá-lo



24. Ao registar o instrumento é apresentada a opção de realizar a experiência prática



25. No início da experiência o Professor contextualiza a experiência e sugere uma rota de acções



26. Cada vez que o utilizador completa um determinado número de acções, ou uma combinação de acções, o Professor dá uma explicação científica do fenómeno observado



27. Se uma linha de acções é terminada, é completo um objectivo e observado um resultado que é seguido de uma conclusão e explicação científica



28. Caso existam possibilidades de explorar vários resultados ainda disponíveis, o Professor irá fornecer dicas de como alcançá-los



29. Quando todos os resultados forem obtidos a experiência termina mas pode ser repetida dirigindo-se de novo ao instrumento ou através da página do Caderno onde está registado o instrumento



30. Se todos os instrumentos de um tema forem registados e a experiência concluída o Professor transmitirá uma mensagem de conclusão e resumo da informação a retirar deste capítulo e posteriormente sugere um novo tema. O Utilizador pode consultar o caderno para rever e reproduzir todas as informações recolhidas anteriormente.

5.2.4.1. Protótipo de baixa fidelidade

Este storyboard foi utilizado para criar um protótipo em papel com o qual foram realizados seis testes de usabilidade, cinco dos quais com adultos com idades compreendidas entre os 22 e 27 anos, e um a uma criança de 9 anos. Cada teste demorou entre 10 e 20 minutos e dividiu-se em sete tarefas. Cada tarefa inclui sub-tarefas obrigatórias para que a tarefa principal seja concluída com sucesso.

TAREFAS	SUB-TAREFA	TIPO	DETALHES
T1 - Introdução/Registo	Iniciar Aplicação	Interacção	Carrega no botão de "INICIAR"
	Registar o selo	Funcionalidade	Clicar no botão que chama a câmara e registar o selo
	Virar a página	Caderno	O Professor indica ao como virar a página
T2 - Escolher o Tema	Escolher o Tema	Caderno	Escolher um tema da lista. O Professor sugere Electricidade
	Sair do Caderno	Caderno	Arrastar o Caderno para o canto inferior esquerdo e aceder à câmara
T3 - Registar o Instrumento	Registar os Instrumentos	Funcionalidade	Registar os 3 instrumentos com o uso da câmara, a cada registo o Professor transmite informação acerca do tema o caderno mostra uma notificação de que foi actualizado
T4 - Consultar o Caderno	Abrir o Caderno	Caderno	Arrastar o Caderno para o centro do ecrã para o abrir
	Consultar Instrumentos	Caderno	Folhear o Caderno e ver informação actualizada dos vários instrumentos registados previamente
	Ver Instruções	Caderno	Consultar a página da Máquina de Nairne e ler a lista de instruções para a experiência a realizar. O Utilizador pode verificar que existem três resultados possíveis.
T5 - Iniciar a Experiência	Iniciar Experiência	Caderno/Interacção	Clicar no botão na página do Instrumento ou ao lado do instrumento, após o seu registo, que permite iniciar a experiência
T6 - Realizar Experiência	Rodar o Instrumento	Funcionalidade	O Professor ensina a rodar o instrumento através do arraste do dedo para a esquerda e direita
	Fazer Zoom	Funcionalidade	O Professor ensina a fazer <i>zoom in</i> através de <i>pinch in</i> e <i>zoom out</i> através de <i>pinch out</i>
	Ajustar Manípulos	Interacção	O Utilizador deve ajustar os manípulos frontais até ao centro do eixo do instrumento onde estes trancam na posição correcta
	Gerar pouca carga	Interacção	O Utilizador roda a manivela mas a carga gerada é pouca resultando num comentário insatisfeito do narrador e actualização do Caderno
	Gerar carga acertada	Interacção	O Utilizador deve rodar a manivela na parte traseira do instrumento até gerar carga suficiente para observar a acumulação de energia e a criação de um arco eléctrico visível entre os dois manípulos frontais. O Professor reage alegremente e o Caderno é actualizado.
T7 - Explorar Resultados	Gerar carga em demasia	Interacção	O Utilizador roda a manivela em demasia até que o ecrã treme e fica preto. A carga gerada em demasia provocou uma descarga eléctrica que provoca descontentamento ao Professor que ralha com o Utilizador devia aos perigo causado. O Caderno é utilizado
	Consultar os Resultados	Caderno	O Utilizador consulta o Caderno na página da Máquina de Nairne. Se os três resultados (pouca carga, carga acertada, e descarga eléctrica) estiverem registados o Professor comunica o fim da experiência e conclui a visita. Se os resultados estiverem incompletos o Narrador sugere a continuação da experiência

Fig. X Tabela das Tarefas do teste de usabilidade de baixa fidelidade e detalhes necessários para completar cada uma delas

Foram desenvolvidos diversos materiais manualmente e digitalmente que foram posteriormente impressos e utilizados para realizar os testes (Fig.X e Anexo F).

Durante o teste, o Professor mostra ao utilizador como agir, descrevendo as funcionalidades e as mecânicas da aplicação e como utilizá-las. Além disso fornece informação acerca do tema escolhido e com cada registo de instrumento comunica informação adicional. Esta informação contém detalhes históricos dos instrumentos assim como dicas de como realizar a experiência interactiva no final da visita.

Em cada teste foram registados os problemas que surgiram durante a sua realização e as sugestões e observações feitas pelos participantes (Fig.Xx). A informação recolhida foi utilizada para continuar o desenvolvimento do conceito da experiência final e corrigir erros ou lacunas da sua concepção.

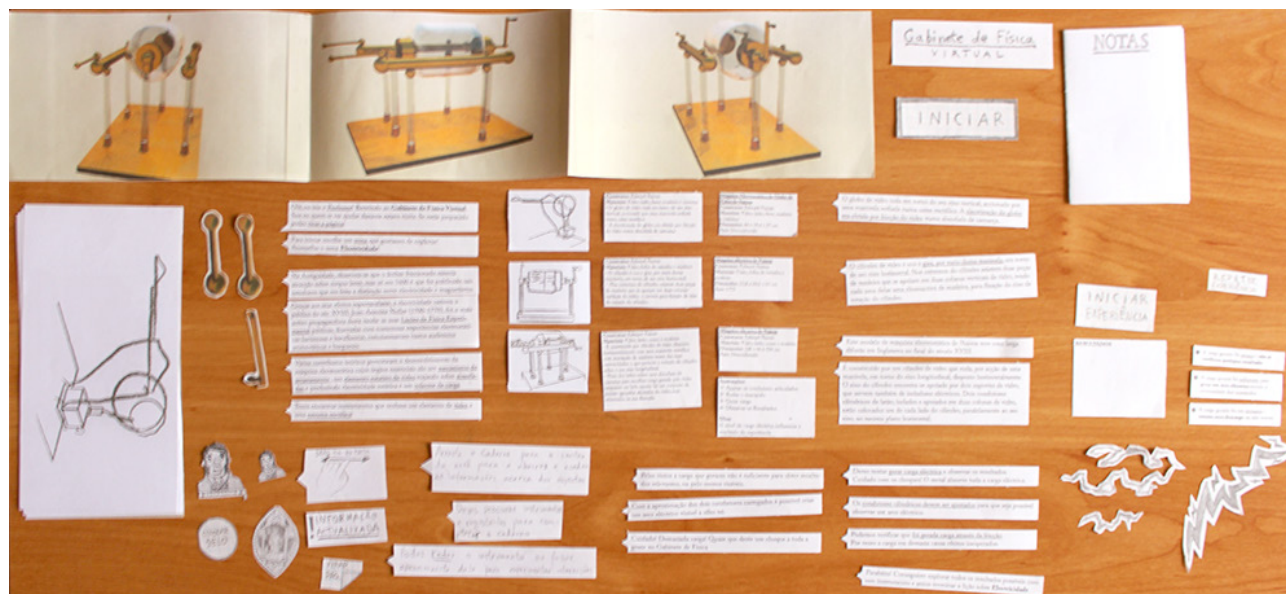


Fig. X Componentes criadas para o protótipo de baixa fidelidade. Incluem: renderização da Máquina de Nairne em vistas diferentes, esboços dos instrumentos relacionados, figura do Professor e do brasão da Universidade de Coimbra, falas do narrador, caderno, informações reveladas durante a visita e elementos extra de interação como os manipuladores da máquina ou indicadores de carga gerada em forma de trovões.

TAREFAS	PROBLEMAS	SUGESTÕES/OBSERVAÇÕES
T1 - Introdução/Registo	—	—
T2 - Escolher o Tema	—	Escolher o Guia/assistente entre homem ou mulher , outro
	O texto muda sozinho, e se uma pessoa ler devagar?	—
	Termos utilizados necessitam conhecimentos avançados prévios	Simplificar a informação do Professor para um público mais novo
T3 - Registrar o Instrumento	Ler ou ver de novo as falas acerca do instrumento	Dizer o número de instrumentos que faltam explorar Repetir as falas quando vemos um instrumento
	Ficar com o Instrumento no ecrã em vez de estar sempre a apontar para o instrumento	—
	Nunca se sabe o resultado da utilização do instrumento	—
	Deve informar que o sublinhado é importante	Dar dicas enquanto se procura os instrumentos em vez de estar só com o ecrã vazio
	Não é óbvio quantos instrumentos são necessários registar	—
T4 - Consultar o Caderno	—	Repetir as falas quando vemos um instrumento
	—	Rever notas, outra forma senão livro
T5 - Iniciar a Experiência	Muita informação no início da experiência	—
T6 - Realizar Experiência	Sair da Experiência sem a terminar	Criar um livro físico que permita ao utilizador levar para casa os instrumentos e realizar a experiência noutra sítio
	As dicas devem ser mais específicas conforme o tempo vai passando	—
	Botão para sair	—
	Não é claro como o instrumento gera a energia. Não é claro quando parar de gerar energia.	Explicar o que é a fricção e condutividade
T7 - Explorar Resultados	—	—

Fig. Xx Compilação dos comentários realizados pelos utilizadores durante o teste de usabilidade. Cada linha dentro de uma tarefa contém os comentários dos participantes para a respectiva tarefa. Os comentários foram agregados desta forma para mostrar uma visão geral e eliminar diferentes campos vazios sem comentários.

Os principais problemas identificados relacionam-se com a forma como a informação é comunicada. As mensagens dadas pelo Professor devem ser claras e explicar de forma directa a informação mais importante em vez de a transmitir no meio de uma mensagem extensa. Os termos utilizados devem ser simples e conceitos complexos como “condutividade” ou “fricção” devem ser especificados previamente. Além disso o texto do Professor deve ser pausado e só passar para a próxima mensagem quando o utilizador assim o quiser. Deve ser possível repetir as mensagens anteriores para esclarecer dúvidas ou pedir ajuda ao Narrador. Caso o utilizador não realize nenhuma acção, durante um grande período de tempo, deve ser lembrado ou sugerido de como agir.

Existe também a necessidade de identificar o progresso realizado, neste caso o número instrumentos registados, de forma a perceber quando é possível realizar a experiência. Este progresso pode influenciar a cadência de toda a experiência do utilizador com a aplicação, permitindo-o controlar o tempo dedicado a cada tarefa.

Surge também a necessidade da existência de um meio de continuar a utilizar a aplicação depois do fim da visita, uma vez que o tempo da visita se pode reduzir a 15 minutos sem dar tempo para explorar todos os instrumentos da aplicação. A existência de um livro ou folheto com os diferentes instrumentos poderia ser a solução para continuar a registá-los e terminar a experiência.

5.2.5. CONCLUSÕES DAS ABORDAGENS TOMADAS

A utilização do próprio instrumento como marcador para o início das funcionalidades de RA torna-se complexo porque os instrumentos estão rodeados de outros instrumentos ou mobiliário que complica a identificação da silhueta. Além disso os instrumentos que se encontram fora dos armários não têm iluminação directa o que também complica a identificação da sua silhueta por parte do dispositivo móvel. Isto levou à escolha da utilização de marcadores como método de identificação para cada instrumento.

O Professor deve ser utilizado como informador e apoio na utilização da aplicação. Além de ensinar as funcionalidades técnicas da aplicação (como a utilização da câmara, do livro e as mecânicas da experiência), esta figura deve ser um veículo para o conhecimento e transmitir a informação da forma simples. Deve usar terminologia simples e explicar os conceitos mais complexos da forma mais directa possível para que esta possa ser posteriormente utilizada pelo utilizador para compreender cenários mais complexos. O Professor deve estar acessível a qualquer altura uma vez que é a ligação principal entre o Utilizador e a aplicação.

A aplicação deve permitir que o Utilizador aborde a temática de forma livre e exploratória, sem uma ordem específica de registo dos instrumentos. Contudo deve haver uma forma de comunicar o progresso feito na exploração do tema para que Utilizador possa racionalizar associar a informação recolhida ao objectivo final e saber quando está preparado para executar a experiência final com sucesso.

O Caderno deve conter a informação essencial de cada instrumento e assinalar claramente as funcionalidades do mesmo e os seus princípios científicos. Os detalhes técnicos são importantes mas são muitas vezes ignorados face aos detalhes estéticos e funcionais. Deve haver ligação entre os diferentes componentes de cada tema e essa ligação deve ser explícita no Caderno.

Sendo que o objectivo da aplicação é a criação de novo conhecimento e aprofundamento do mesmo, é necessário ser claro na transmissão destas informações. Por outro lado, é necessário criar incentivos mais tangíveis tanto dentro da aplicação como fora.

6. PRODUÇÃO DO PROTÓTIPO FINAL

O protótipo funcional produzido é uma aplicação desenvolvida em Unity 3D para dispositivos móveis Android. A aplicação foca-se na exploração e registo dos vários instrumentos do Gabinete de Física, focando-se este protótipo em explorar o tema da Electricidade como caso de estudo. Tem como fim a realização de uma experiência interactiva que simula a utilização de um dos exemplares da Máquina Eléctrica de Nairne (p.X), presente no centro da sala do séc. XIX, através da utilização de um modelo tridimensional da mesma.

6.1. ARQUITECTURA DA APLICAÇÃO

A aplicação divide-se em diferentes componentes que foram desenvolvidas ao longo das quatro abordagens previamente descritas e do teste de usabilidade realizado. As características de cada uma destas componentes sofreram alterações durante todo este projecto, tendo sido algumas delas simplificadas e outras surgiram da junção de outras componentes. As diferentes partes da aplicação interagem entre si de forma a criar a melhor experiência possível para o Utilizador e tentar comunicar da forma mais clara a informação científica disponibilizada pelo Gabinete de Física e pelos seus instrumentos.

Segue-se a definição das várias partes que compõem esta aplicação, juntamente com a descrição de cada uma e as respectivas funcionalidades. Trata-se de uma visão resumida de cada uma destas partes, sendo que esta informação será aprofundada durante este capítulo nos subcapítulos respectivos ao desenvolvimento de cada uma delas.

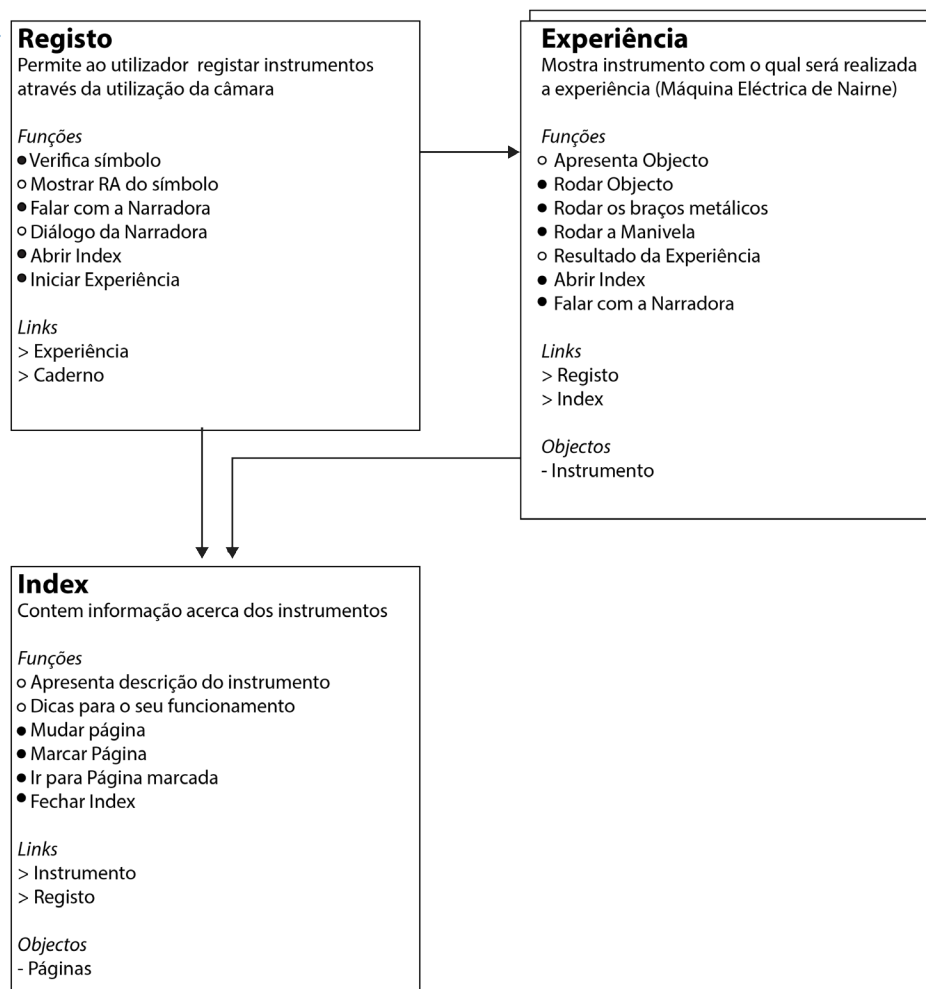


Fig X. UED para a aplicação que foi desenvolvida como protótipo funcional. Este UED sofrerá alterações caso o projecto continue a ser desenvolvido

Gabinete de Física [Localização] - as duas salas que compõem o Gabinete de Física onde estão expostos os instrumentos, espaço físico para onde a aplicação foi concebida para ser idealmente utilizada.

- Contém instrumentos expostos dentro de vitrines, no centro da sala e entre os armários;
- Os instrumentos estão expostos fisicamente mas os visitantes não estão autorizados a tocar nem utilizá-los para nenhuma das suas funcionalidades;
- A visita é realizada em cerca de 15 minutos, num cenário comum.

Registo [Funcionalidade] - modo que permite registar os diferentes instrumentos através da utilização da câmara fotográfica do dispositivo móvel.

- É o modo neutro da aplicação, podendo a funcionalidade da câmara ser activada ou desactivada caso não esteja a ser utilizada
- Permite registar os instrumentos através da captura dos símbolos presentes nas legendas dos instrumentos (ou perto destes caso não tenham legenda).
- Neste modo a Narradora continua a dar sugestões e informa o utilizador acerca do instrumento após o seu registo.

Index [Componente] - caderno onde é registado o progresso e informação acerca dos instrumentos registados através da câmara da aplicação. O tema explorado nesta aplicação é o da Electricidade.

- Permite aceder aos oito diferentes temas abordados na aplicação;
- Contém o registo dos instrumentos capturados pelo Utilizador;
- Descrição breve dos instrumentos e de como os utilizar após estes serem registados;
- Pode revelar dicas para a experiências final ao registar novos instrumentos;
- Mostra mensagem sempre que é actualizado, funcionando em ligação com as mensagens transmitidas pela Narradora;
- Registo do progresso para cada tema;
- Registo das recompensas obtidas após completar certas tarefas.

Experiência [Componente] - experiência realizada com um instrumento depois de registar um certo número de instrumentos de um determinado tema. A experiência foca-se num dos instrumentos estudados previamente, neste caso, a Máquina Eléctrica de Nairne (p. Xx).

- O instrumento é apresentado no centro do ecrã;
- É possível alterar a vista do instrumento através do arraste (rotação) e *pinch* (zoom);
- O instrumento tem indicadores de onde é possível interagir (ex: que peças podem ser movidas);
- Dependendo do instrumento a experiência realizada necessita a utilização de diferentes funcionalidades do dispositivo móvel (toque, duplo toque, arraste e *pinch*);
- São necessário vários passos para completar a experiência.

Narradora [Suporte] - serve de apoio durante a visita e como fonte principal de informação. Esta figura transmite conceitos e ensina o Utilizador a interagir com os vários componentes da aplicação.

- Introduce o Utilizador às diferentes funcionalidades da aplicação, descrevendo como as utilizar enquanto informa sobre o Gabinete de Física;
- Transmite informação acerca do espaço e da instituição;
- Dá informação sobre cada instrumento depois do seu registo;
- Explica os conceitos mais complexos relacionados com o tema que está a ser explorado;
- Ajuda o Utilizador durante a Experiência com o instrumento;
- Incentiva o Utilizador a tomar um certo rumo caso este não realize nenhuma acção durante um elevado período de tempo;
- Reage às acções do Utilizador caso este seja bem ou mal sucedido.

Colocar imagens para acompanhar cada uma das definições.

6.1.1. RECOMPENSA

Apesar de ser uma aplicação didática que incentiva a aprendizagem através da exploração e interação, a existência de uma recompensa simbólica ou física incentiva o contínuo uso da aplicação e a procura de mais informação.

A aplicação é baseada na exploração mas cada capítulo tem instrumentos específicos associados à experiência final. Ao registar estes instrumentos o utilizador avança na barra de progresso do capítulo até ter acesso à experiência. Quando todos os instrumentos obrigatórios são registados, todas as pistas descobertas e todos os resultados obtidos na experiência, o utilizador recebe um token dourado com a forma do símbolo desse capítulo.

Um sistema possível seria o de existir na página final do caderno um grande losango com oito orifícios. Cada um deles corresponde a um dos temas e, quando um capítulo é completo, o token recebido é guardado no respectivo orifício. Caso o utilizador complete todos os capítulos, obtendo as oito *tokens* será-lhe indicado que poderá cimentar esse feito no Museu da Ciência, havendo um registo do utilizador, do seu feito e uma pequena recompensa que poderá ser um pin, uma caneta ou uma t-shirt.

Caso o utilizador não tenha tempo para realizar todas as experiências durante a sua visita ao Gabinete de Física, será possível obter uma versão reduzida do Index fisicamente no Museu da Ciência. Este pequeno caderno terá vários símbolos que permitirão completar os alguns capítulos e experiências.

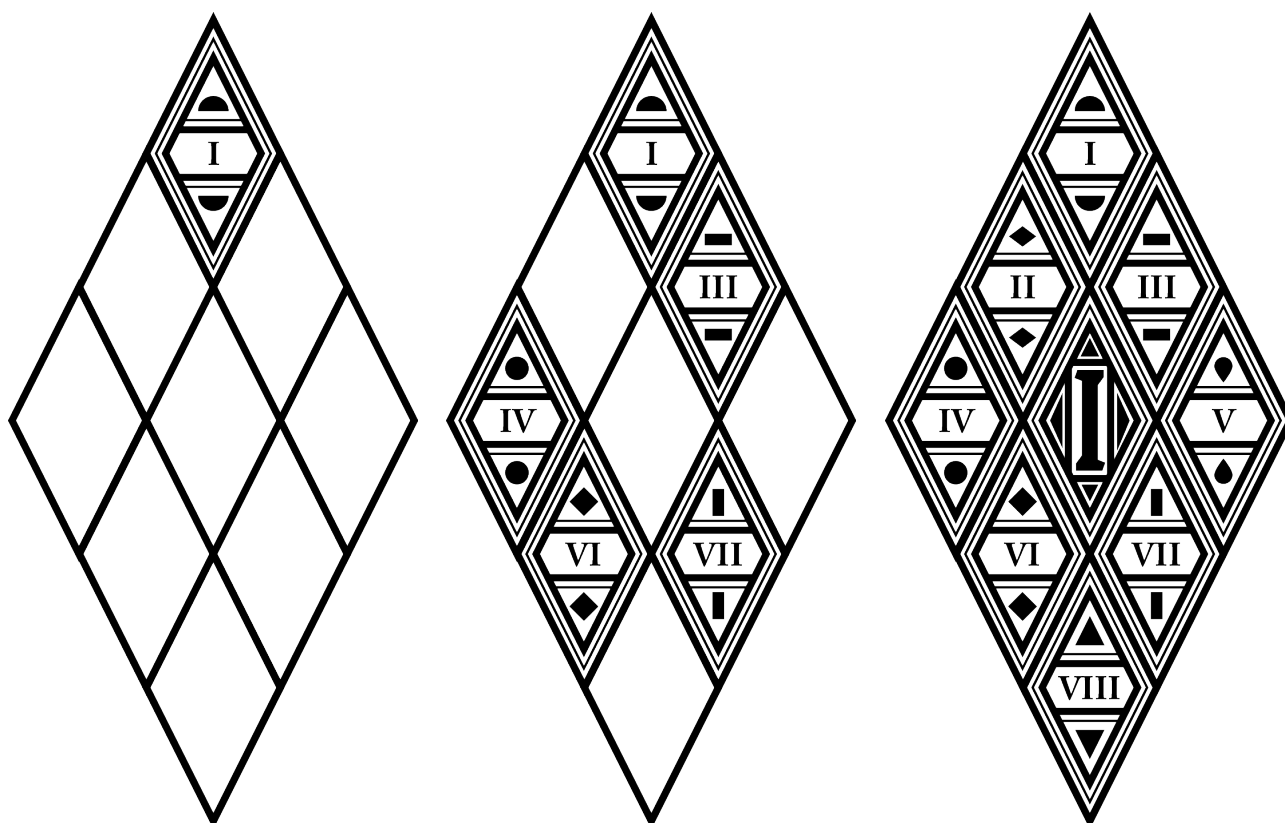


Fig.X Exemplo da última página do caderno a ser preenchida com os símbolos dos diferentes capítulos após todos os respectivos instrumentos serem registados e a experiência concluída com sucesso depois de explorados todas as vertentes possíveis. No fim aparece o Logótipo alternativo da aplicação que significa que foi tudo completo a 100% e o utilizador tem direito à melhor recompensa.

Este sistema poderia ser aprofundado para incluir acções e descobertas específicas. Introduzir um sistema de pequenas conquistas, nas quais o utilizador tem recompensas imediatas pode levar a que este passe mais tempo na aplicação e dessa forma levá-lo a ganhar cada vez mais interesse pelas temáticas.



Fig.X Mockup dos Pins entregues como recompensa de recompensa. Ilustração bidimensional das opções de cor, que se podem prender com o nível de completude do registo dos instrumentos e das experiências realizadas.

6.2. MODELAÇÃO DE INSTRUMENTO

O processo de modelação do modelo tridimensional da Máquina de Nairne passou por duas fases iterativas distintas. Na primeira fase foi criado um modelo experimental como prova de conceito, carecendo este modelo de exatidão em relação ao instrumento real. Na segunda, o instrumento foi modelado de forma mais precisa com recurso a uma recolha fotográfica cuidada.

Durante este processo foram utilizados diferentes softwares, para a modelação foi utilizado o Autodesk Maya 2016, e para renderização e aplicação de texturas o Maxon Cinema 4D com o plugin de renderização V-Ray do Chaos Group e posteriormente o Unity3D da Unity Technologies.

6.2.1. PROCESSO DE MODELAÇÃO

O primeiro modelo foi criado com medidas e proporções do instrumento incorrectas, uma que fez que na altura da sua criação não tinha sido ainda realizada uma recolha fotográfica cuidada da máquina, sendo utilizadas como referência uma imagem do catálogo da exposição O Engenho e a Arte (1997) e uma fotografia recolhida durante uma visita prévia ao Gabinete de Física. O processo de criação deste modelo permitiu desenvolver conhecimentos e técnicas de modelação no software Autodesk Maya. Com a ajuda do software Cinema 4D e do plug-in V-Ray foi possível testar diferentes texturas do instrumento (tentando abordar a texturização de forma realista) e criar uma breve animação da experiência a realizar com o instrumento onde mostrava os métodos de interação e resultados da experiência. As texturas utilizadas foram retiradas de fontes de utilização livre. (<http://cinema4dmaterials.com>).

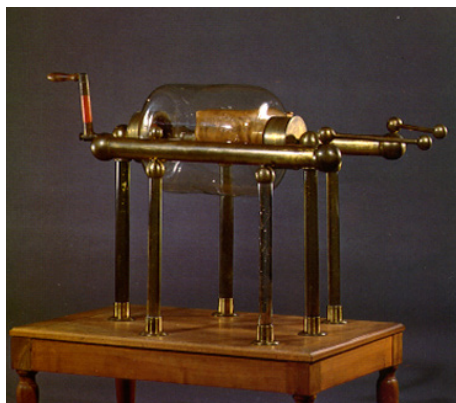


Fig.X Fotografia do catálogo “O Engenho e a Arte” utilizada como referência para a criação do primeiro modelo tridimensional do instrumento.

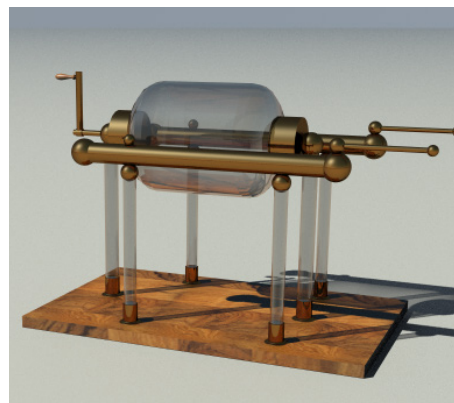


Fig.X Primeiro modelo tridimensional do instrumento, com texturas, renderizado no Cinema 4D.

O modelo foi colocado num plano infinito com uma atmosfera natural com o sol como única fonte de luz, na tentativa de criar um ambiente neutro. É um cenário que se afasta do ambiente real do Gabinete de Física onde todas as fontes de luz são artificiais, difusas e sem foco directo no instrumento em questão. Este cenário permitiu testar a reacção das diferentes texturas realistas, como a madeira, o vidro e latão (Fig. X1), à luz natural durante diferentes fases do dia e observar o tipo de sombras rígidas que o instrumento produziria com um foco de luz forte (Fig. X2). Estas sombras produzem alguma confusão ao observar o modelo e para facilitar a leitura da sua silhueta é necessário utilizar uma iluminação à base de luzes difusas e indirectas, criando um paralelismo com a própria iluminação do Gabinete de Física. Este tipo de iluminação juntamente com um ambiente neutro ausente de horizonte ou qualquer outro instrumento distrativo, facilita a leitura da sua silhueta do instrumento.

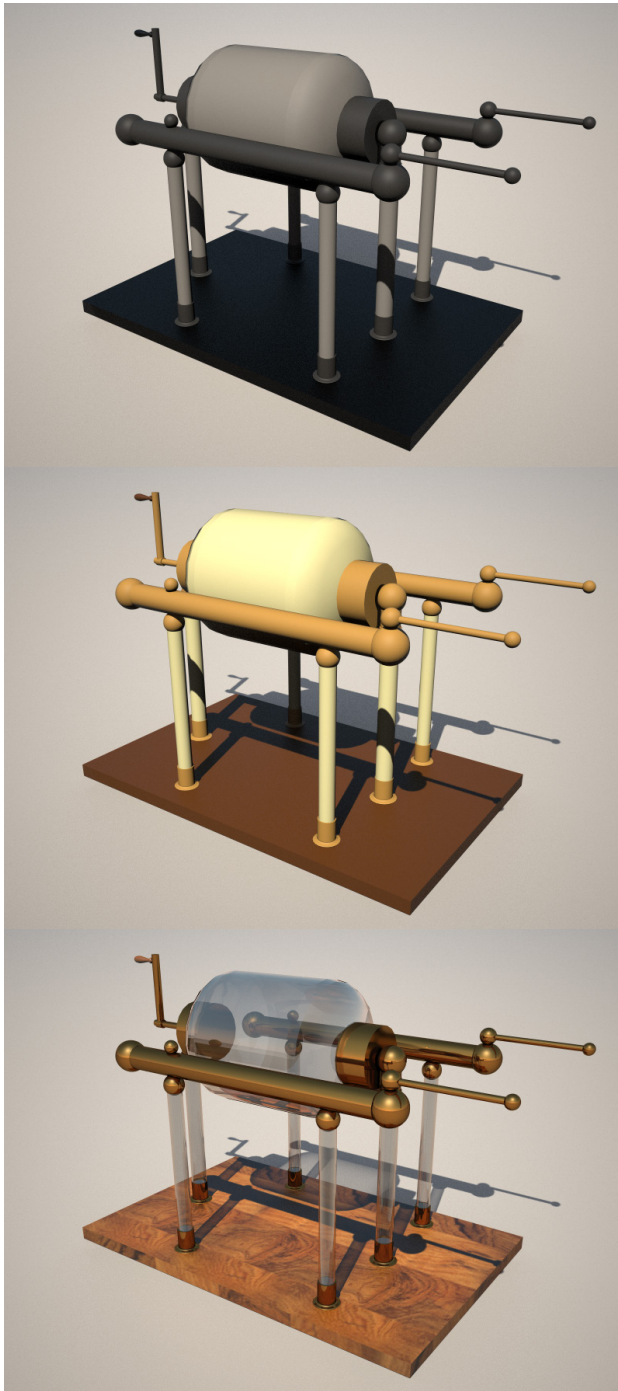


Fig.X1 Divisão dos diferentes elementos do modelo por cor. Cada uma das cores representa um material diferente (vidro, latão e madeira). Ao dividir o modelo desta forma foi possível trabalhar rapidamente as texturas.

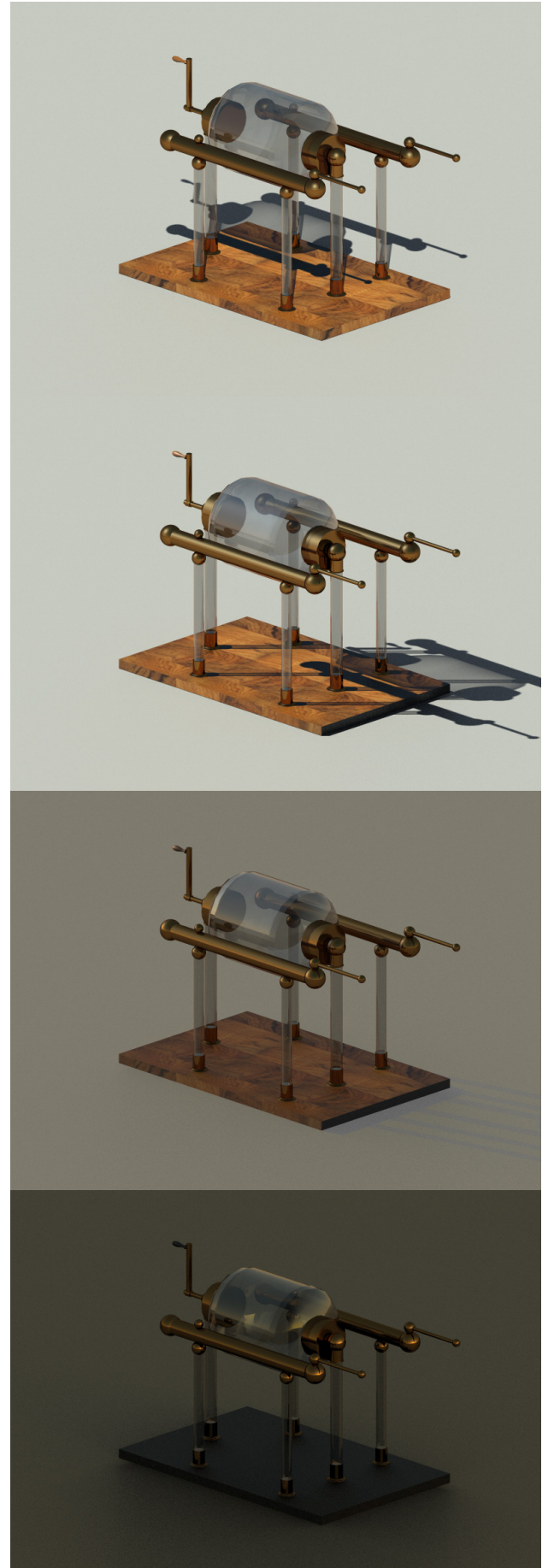
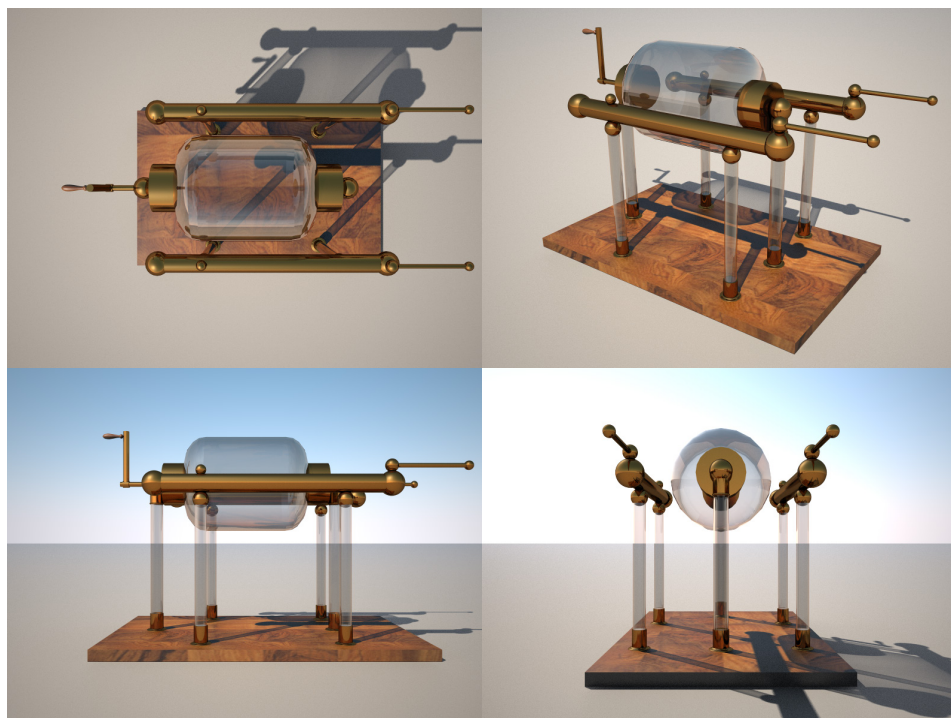


Fig.X2 Render isométrico do modelo iluminado por um sol em diferentes horas do dia. A iluminação directa cria sombras fortes que dificultam a leitura do instrumento.

Fig.X Vistas do primeiro modelo do instrumento renderizado no Cinema 4D.



Depois de finalizado este modelo foi possível concluir que a nova versão do modelo do instrumento necessitava de maior detalhe uma vez que dois dos elementos ausentes no modelo anterior são de grande importância para o funcionamento do instrumento. É o caso da almofada de couro e dos espigões que servem para gerar carga eléctrica através de fricção e recolher carga eléctrica, respectivamente.

Na modelação do segundo modelo foi necessário muito mais detalhe e para tornar possível uma reprodução fiel à Máquina de Nairne realizou-se uma recolha fotográfica dos diferentes planos do instrumento, como planos laterais (Fig.X1) e frontal (Fig.X2), e ainda de alguns elementos mais específicos, como a almofada, os espigões e a base de madeira onde assenta o instrumento.

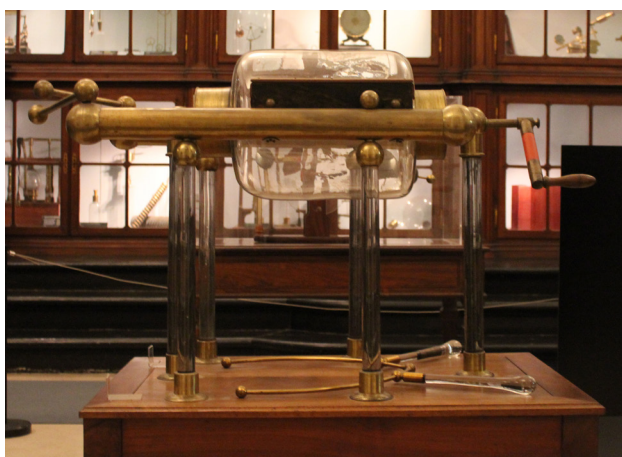


Fig.X1 Fotografia do plano lateral da Máquina de Nairne utilizada como referência para modelar o instrumento.



Fig.X2 Fotografia do plano frontal da Máquina de Nairne utilizada como referência para modelar o instrumento.

Para facilitar a reprodução do instrumento no ambiente tridimensional do Maya foram colocados na projecção frontal e lateral as fotografias respectivas ao mesmo plano do instrumento (Fig X3). Apesar de ser possível observar nas fotografias alguma deformação causada pela lente com que as fotografias foram tiradas, estas ajudaram a manter coerência nos tamanhos, extrapolando distâncias e proporções entre os dois planos distintos e ainda fotografias extras de detalhes ou do instrumento completo.

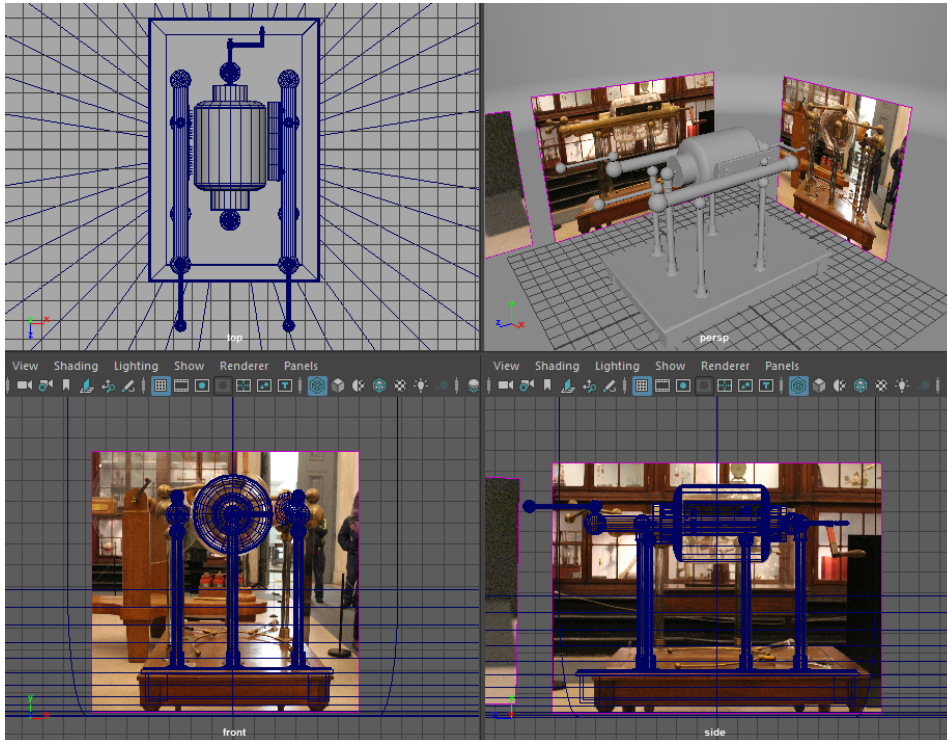


Fig.X3 Diferentes planos do instrumento no ambiente do Maya 3D. É possível observar na vista Frontal e Lateral que o modelo coincide com a fotografia do instrumento.

Este novo modelo foi construído totalmente de raiz, não sendo utilizado qualquer parte do modelo anterior. Primeiro foram construídos os elementos principais do instrumento como o cilindro de vidro e os pés de latão e vidro. Depois da forma e proporção básica definida começou a fase de trabalho mais minucioso:

- O cilindro de vidro foi alterado para não ser apenas representado por uma face mas sim um objecto oco e com espessura, com detalhes vermelhos nas pontas que são envolvidas pelo latão.
- Às diferentes componentes de latão foram adicionados pequenos detalhes como bordas cilíndricas e até parafusos. Estes detalhes não têm qualquer funcionalidade no modelo digital, contudo são partes essenciais para o funcionamento do modelo real ou parte importante da estética da peça.
- A base do instrumento é uma mesa de madeira que, apesar de parecer algo facilmente ignorável, é uma parte importante. Para manter alguma coerência com o instrumento original foi recriado apenas o tampo e parte da base sem os pés de forma a não desequilibrar a mancha gráfica do instrumento na aplicação final.
- Ao contrário do modelo anterior foram adicionados a almofada de couro e a sua base de madeira assim como os espigões no lado oposto do instrumento. Ambos estes elementos estão presos às barras laterais do instrumento com parafusos.

Foi criado também um ambiente neutro para colocar o instrumento no centro. Este elemento foi criado a partir de um cilindro ao qual foi retirado o topo e arredonda a aresta inferior. Desta forma a luz não reflecte directamente na aresta e não cria sombras, podendo assim o fundo ser uniforme e não influenciar a leitura do instrumento.

A fase seguinte do trabalho baseou-se num processo iterativo que procurou criar a melhor versão possível do modelo e do ambiente dentro do Unity 3D. Durante o processo de aplicação de texturas foram testados diferentes tipos de luz que permitiram afinar as cores das texturas e ensaiaram-se diferentes posições da câmara em relação ao modelo e à sua iluminação.

6.2.2. TEXTURIZAÇÃO DO MODELO

Cena - Ambiente do editor do Unity 3D no qual são inseridos os vários elementos que compõem a aplicação como os modelos tridimensionais, as luzes, as câmaras e o interface gráfico.

O instrumento e o fundo foram importados para uma *cena* no Unity 3D onde foi iniciado o processo de texturização. Uma vez que este software é um motor de jogo e tem o seu próprio motor de renderização não foi necessário utilizar outro software para o texturizar e renderizar (como o Cinema 4D e o Vray como no modelo anterior). Neste caso todas as texturas foram construídas de raiz utilizando o editor do próprio software, utilizando no caso da madeira e do couro imagens de bancos de imagem de uso livre como base para a construção da textura, o que permitiu manter o realismo e credibilidade da textura final. Ao fundo foi aplicada uma textura lisa, sem qualquer tipo de detalhe com um cinzento médio. Está disponível no Anexo B uma vista mais aprofundada deste processo.

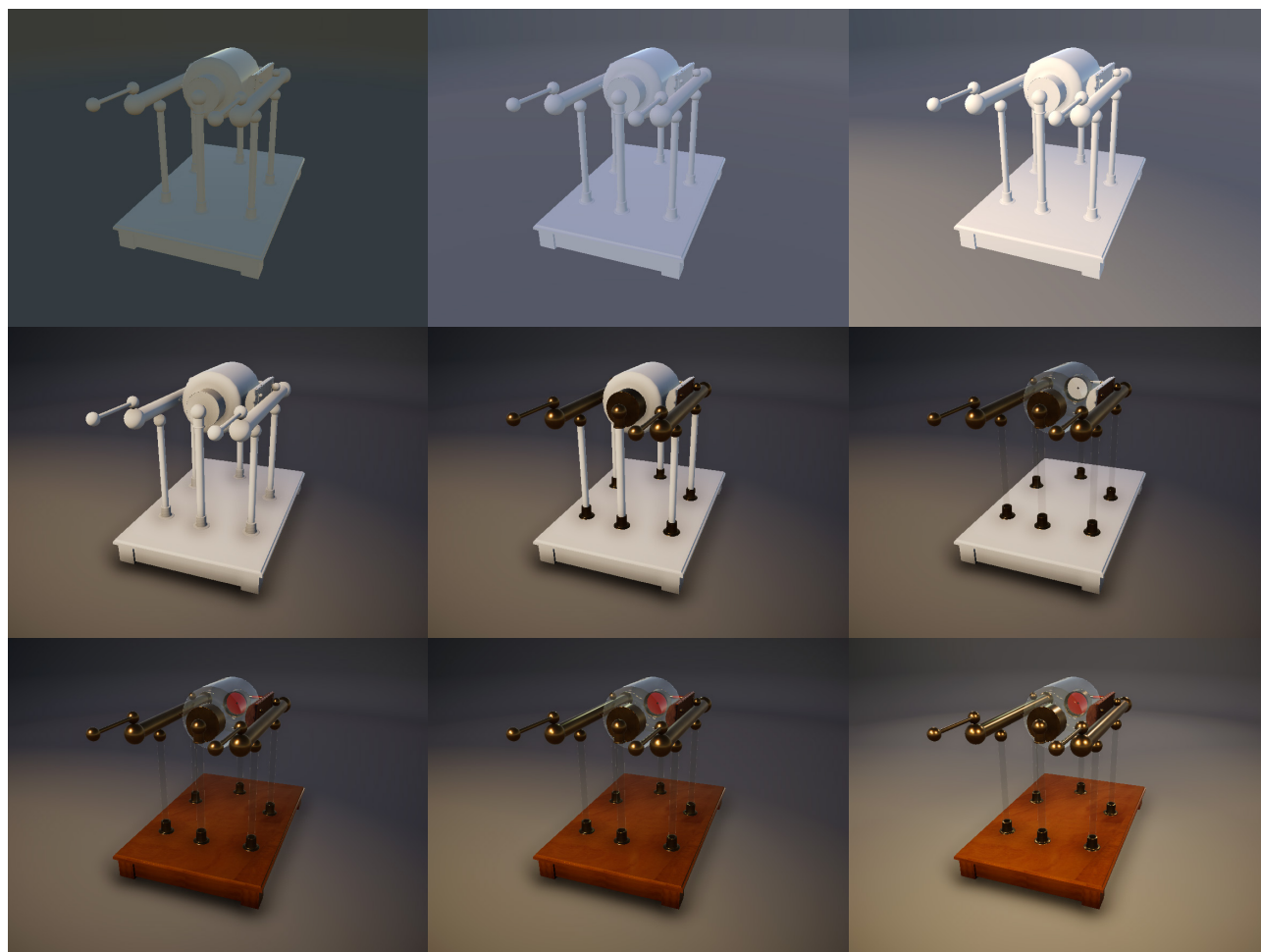


Fig.X1 O processo de aplicação de texturas e luz no modelo e ambiente envolvente no Unity 3D. Apesar de demonstrado sequencialmente nestas imagens o processo não foi linear. Foi recorrente a edição das cores e posição da luz para melhorar a leitura das texturas e o ajuste das cores das texturas para melhor ligação com as luzes.



Fig.X Lista de texturas utilizadas no modelo da Máquina Eléctrica de Nairne e no fundo. Mais detalhes sobre estas texturas na secção respectiva no Anexo B

Para iniciar este processo, o instrumento foi dividido inicialmente em quatro grandes categorias: Vidro, Madeira, Metal e Detalhes. Para cada uma delas foi criada uma textura base que começou por ser uma cor que as distinguiu, trabalhada etapa a etapa, através da adição de detalhes como transparência, reflexo ou coloração. Para o Vidro (cilindro central e pernas) foram criados dois tipos de textura transparentes para representar o vidro oco do cilindro central e o vidro sólido das pernas, nas quais variam maioritariamente a intensidade da cor. Para a Madeira (base e manípulo) foi utilizada uma imagem base do grão da madeira e alterada a cor para replicar a cor real do instrumento. O Metal foi dividido em duas texturas, o metal mais claro a emular o latão (estrutura e pés) e o metal escuro para simular algum desgaste (espigões e parafusos). Por fim, os detalhes são texturas singulares como a pele utilizada na almofada criada com base numa imagem e colorizada para replicar a cor do couro e os detalhes vermelhos no manípulo e interior do cilindro.

6.2.3. ILUMINAÇÃO

A iluminação da cena foi realizada enquanto as texturas foram aplicadas. Inicialmente o ambiente neutro contém uma atmosfera, como no Cinema 4D, que foi escurecida até um ponto neutro no qual o sol (fonte de luz global) se encontra abaixo do nível do horizonte. Aplicou-se uma luz direccional com um ângulo de 50° em relação ao modelo, com uma cor quente (#ffd6b8) de modo a estabelecer o tom da cena semelhante ao do Gabinete de Física.

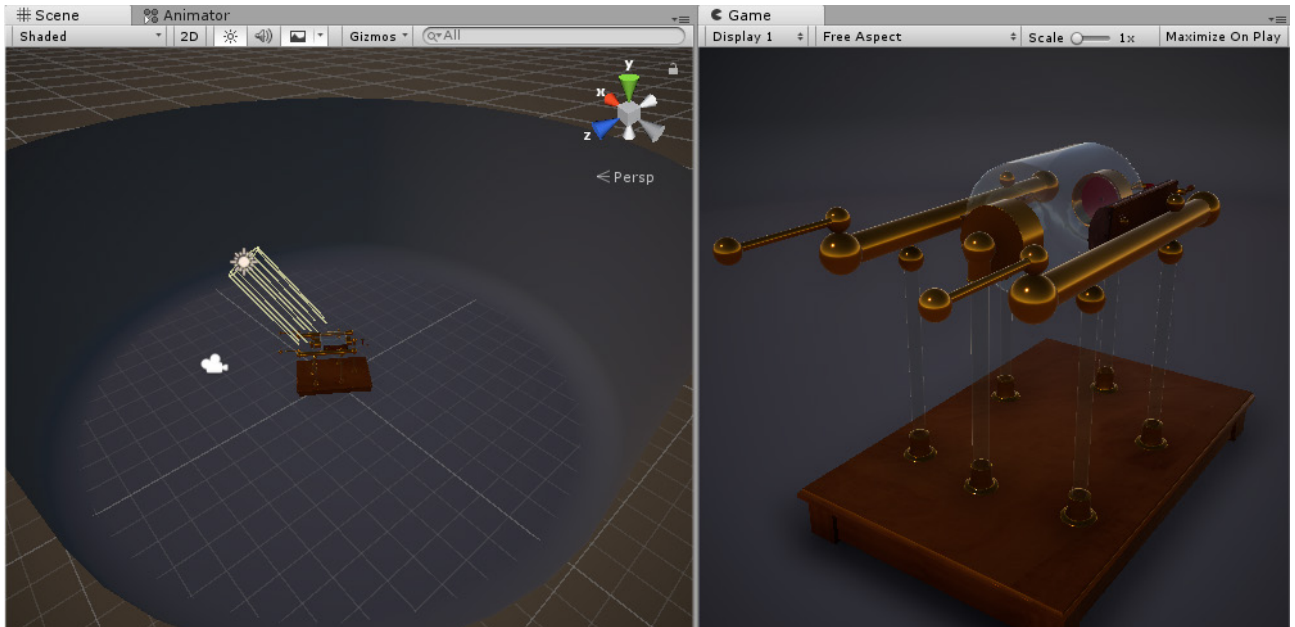


Fig.X2 - Posição da luz direccional (#ffd6b8) com que foi iniciado o processo de iluminação e o resultado da sua introdução à esquerda..

Seguiu-se uma iluminação em três pontos. Neste tipo de iluminação são utilizados três focos de luz diferentes: o primeiro é o mais forte e a cor desta luz ajuda a definir o objecto que queremos iluminar, é colocado ao lado da câmara e apontado directamente ao objecto; o segundo foco é colocado no lado oposto ao primeiro foco e tem menor intensidade, pode estar apontado directamente ao objecto ou difundido contra um plano, o seu objectivo é atenuar e eliminar as sombras criadas pelo primeiro foco; o terceiro foco é colocado na parte de trás do objecto e tem como objectivo definir a silhueta do objecto e separá-lo do fundo.

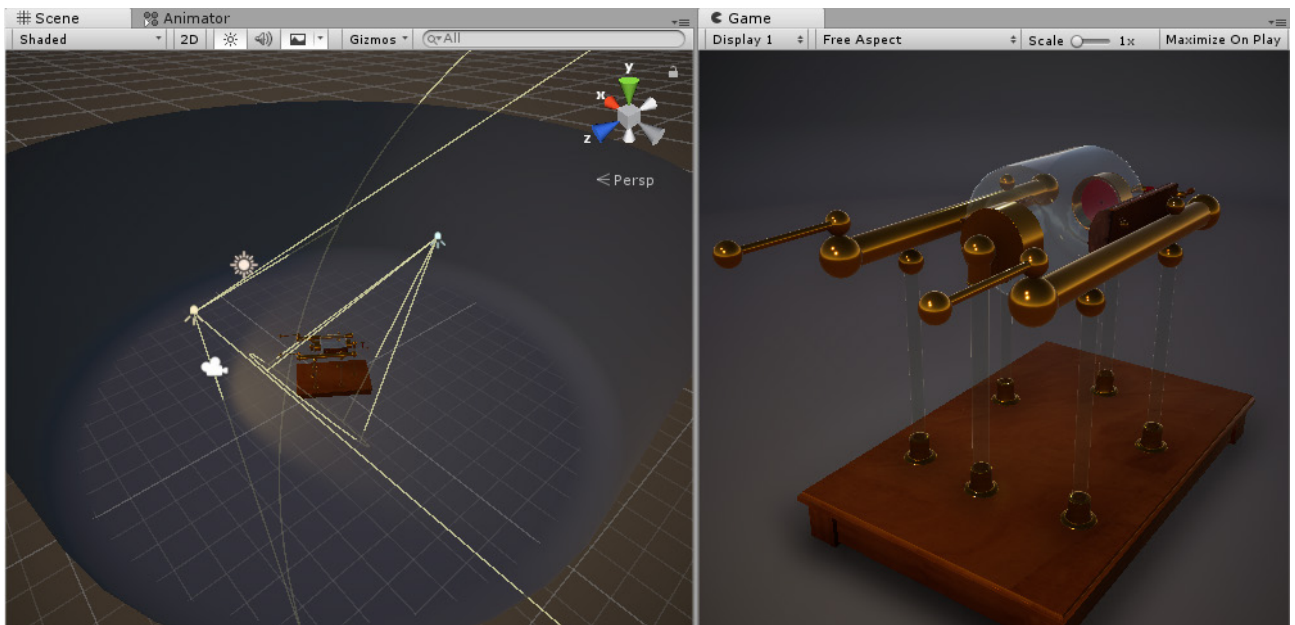


Fig.X2 - Aplicação da iluminação em três pontos com o foco principal (#f9dd93) e foco traseiro (#a5e1df), o segundo foco acabou por ser redundante e sendo assim foi eliminado. À esquerda podemos ver o resultado da aplicação desta iluminação juntamente com a luz direccional.

Os dois focos frontais utilizam luzes de tonalidade quente (#f9dd93) e o foco traseiro utiliza uma luz fria (#a5e1df). Depois de aplicadas mais luzes, concluiu-se que o segundo foco da frente era desnecessário pois adicionava reflexos que não contribuem para a estética do instrumento, tendo sido retirado, acabando por manter apenas o foco principal e a luz de fundo.

Todas as luzes anteriores são focadas no instrumento e servem para realçar os detalhes do modelo mas não são suficientes para iluminar a cena. Para esse objectivo foram utilizados quatro luzes de ponto que emitem luz numa área definida por uma esfera e a sua intensidade varia desde o centro, onde tem o valor máximo, até ao limite da esfera onde tem o valor mínimo, assemelhando-se assim à iluminação de uma lâmpada comum. Através deste tipo de luz foi possível criar um ambiente de luz difusa e constante semelhante ao modelo de iluminação presente no Gabinete de Física. Foram colocadas quatro destas luzes numa formação quadrangular, duas à frente do modelo quase no topo da cena e outras atrás do modelo a altura média. As luzes da frente permitem iluminar a cena em geral porque são mais intensas e, assim como as restantes luzes frontais, têm cores quentes (#ffe0a9). As luzes traseiras têm um tom neutro (#fffaee) que permite realçar alguns detalhes nos metais do instrumento e equilibrar a variação de luminosidade ao longo da profundidade da cena.

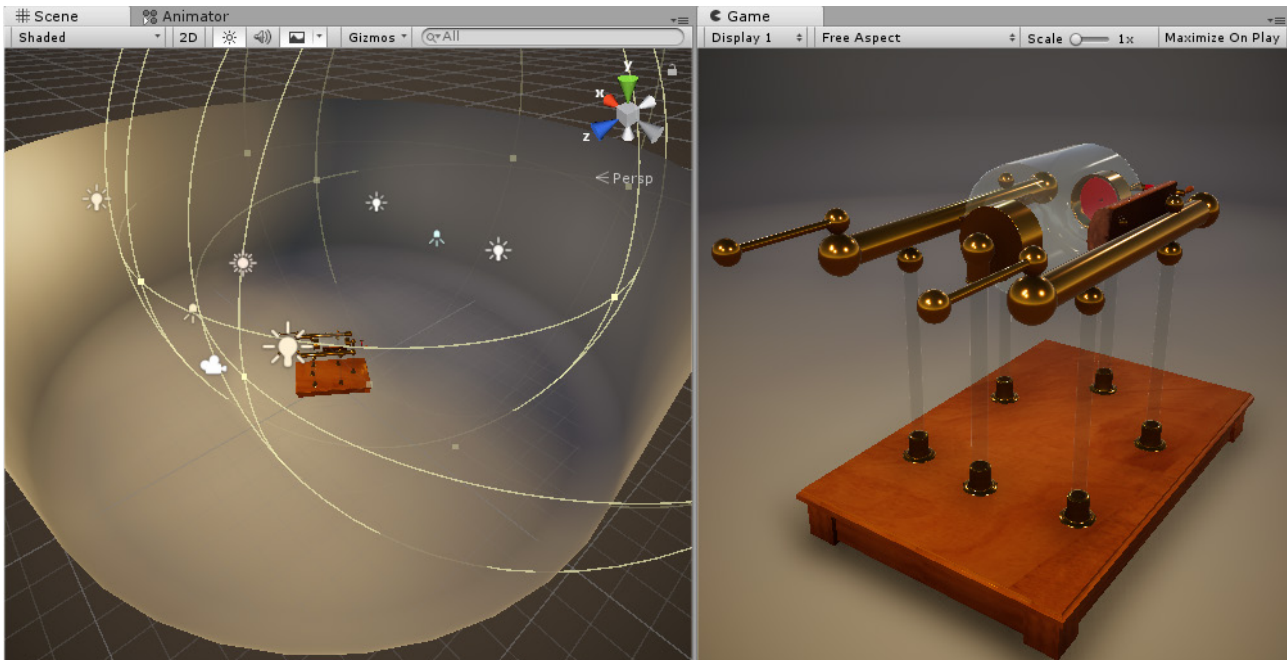


Fig.X2 - Iluminação com luzes de ponto em quatro posições. As dianteiras (#ffe0a9) têm maior intensidade e ajudam a realçar os detalhes do instrumento enquanto as traseiras (#fffaee) permitem equilibrar o contraste da cena. À esquerda vemos o resultado final do processo de iluminação da cena.

Fig.X2 - Vista de topo da cena. O instrumento encontra-se no centro rodeado pelas luzes com a câmara (que representa o ponto de vista do utilizador) à sua frente. O sol representa a luz direccionada, os candeeiros representam os dois focos utilizados na iluminação de dois pontos e as lâmpadas representam as luzes de ponto. A coloração deste ponto assemelha-se à cor da luz emitida pelas respectivas fontes de luz.



6.3. COMPONENTES GRÁFICOS

O desenvolvimento de elementos gráficos para a aplicação foi iniciado enquanto a aplicação ainda estava a ser idealizada e concebida. Vários dos elementos foram desenvolvidos conforme a necessidade enquanto foram desenvolvidas as diferentes abordagens da concepção da experiência.

Os materiais produzidos foram concebidos com base em elementos do Gabinete de Física ou da sua história. A estética pretendida é a de emular a plasticidade dos materiais, utilizando uma linguagem que remete para o livro, através da utilização de elementos que usam o preto no branco como a tinta no livro (Narradora e Símbolos), ou elementos assumidamente directos (Index e menus) como um livro dentro da aplicação, cuja navegação é executada com o virar da página e recorrendo a marcadores para aceder a elementos específicos.

6.3.1. IDENTIDADE VISUAL

Com o desenvolvimento dos vários elementos da aplicação surgiu a necessidade de criar um elemento gráfico que permitisse identificar os diferentes instrumentos, capítulos e temas e manter a coerência entre eles. Foi concebido um sistema no qual pequenas alterações gráficas permitem identificar uma grande quantidade instrumentos.

A ideia inicial para este símbolo surgiu ao utilizar o brasão da Universidade de Coimbra como um carimbo nos testes de usabilidade. Os detalhes do brasão perdem-se com a redução do tamanho sendo assim, concluiu-se que poderia ser criado um novo símbolo, original para este trabalho, baseado nesta forma ovalóide. Dado que só a forma do brasão não é suficiente foram testadas diferentes opções de conteúdo do símbolo, recorrendo inicialmente ao uso da letra E, inicial de "Electricidade", o capítulo explorado neste projecto. Ao longo do processo foram testados diferentes elementos extra, alguns meramente estéticos como diferentes tipos de linha, outros relacionados com o instrumento específico, como os símbolos alquímicos dos metais presentes no instrumento que é representado, o número do capítulo em que se insere e até o número do instrumento na colecção. Foi durante este processo que a principal referência do símbolo deixou de ser o brasão da Universidade de Coimbra e passou a ser o elemento decorativo da capa do Index Instrumentorum do Gabinete de Física escrito pelo lente António dalla Bella, o livro que contém um registo dos vários instrumentos contidos no Gabinete de Física no século XVIII. Nesta capa é possível observar um losango adornado com vários elementos florais e no seu interior o título do livro. [Remeter leitor para a figura onde se mostrou a capa do Index.]

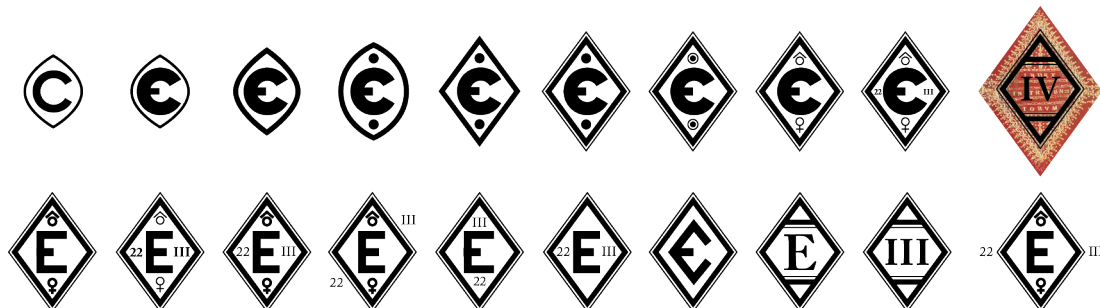


Fig. Estudos iniciais para os símbolos dos instrumentos baseados no brasão da Universidade de Coimbra e na capa do Index Instrumentorum.

O símbolo da capa do Index Instrumentorum foi sujeito a um processo de simplificação que partiu do isolamento de um losango inicial ao qual foi dado maior espessura de linha para definir a forma inicial e para substituir os adornos florais foram utilizados elementos geométricos mais simples como linhas finas de contorno e tracejado (Fig X).

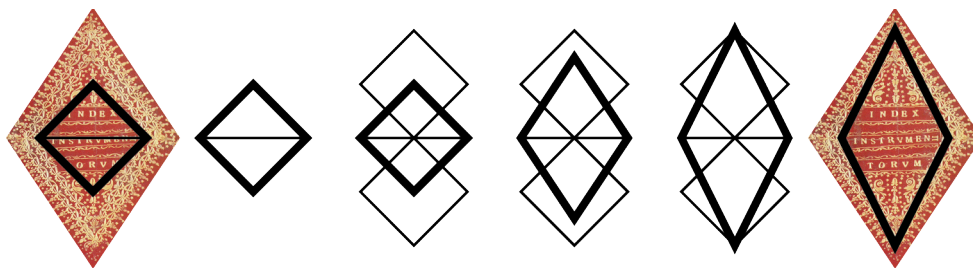


Fig.X Processo de geometrização do detalhe na capa do Index Instrumentorum. As proporções do símbolo são baseadas na largura do detalhe na capa. A largura do símbolo tem uma unidade enquanto a altura tem duas unidades.

A forma criada foi utilizada em quatro instâncias, cujo processo será descrito durante os capítulos seguintes. Primeiramente na criação de um logótipo para a aplicação, que será também utilizado na capa do Caderno. Em segundo lugar, num símbolo utilizado para representar o tema de cada capítulo que, por sua vez, é utilizado para criar um símbolo para cada instrumento incluído nesse tema. Por último, a figura da Narradora insere-se dentro da forma inicial, funcionando como o retrato da mesma quando esta interage com o utilizador durante a utilização da aplicação.

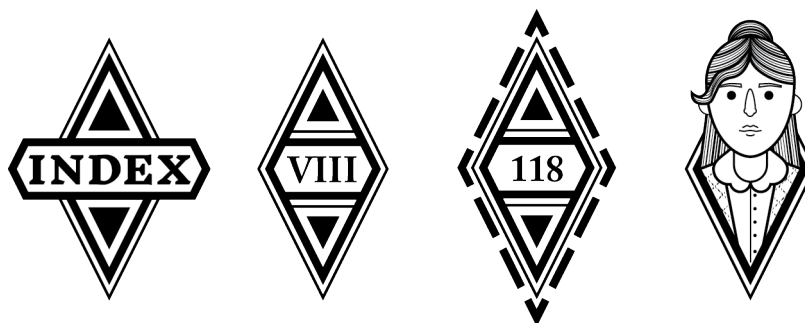


Fig.X Os quatro casos de utilização da forma criada com base na capa do Index Instrumentorum: o Logótipo, o símbolo do tema para o oitavo capítulo (Electricidade), o símbolo do instrumento 118 (número da Máquina de Eléctrica Nairne no catálogo do "Engenho e a Arte") e a Narradora (apelidada de Sapiência).

Os elementos sofreram diversas alterações durante o desenvolvimento, pequenos ajustes e alterações da estética de forma a manterem a coerência. O processo da sua criação não foi linear e procurou-se sempre manter a estética principal definida no início do processo criativo do símbolo. Os elementos adicionais criados para cada uma das instâncias procuraram criar individualidade suficiente para que o utilizador identificasse imediatamente qual a função de cada um. Contudo, este conhecimento só é possível caso este utilize a aplicação e as suas funcionalidades.

A criação desta forma permitiu criar uma marca gráfica que facilita a associação destes elementos à aplicação desenvolvida. Estes elementos estarão espalhados pelo Gabinete de Física, o que facilita o processo de identificação dos instrumentos associados à aplicação por parte dos visitantes que a utilizam.

Estes símbolos permitem criar uma identidade para o Gabinete de Física, separando-o da identidade gráfica do Museu da Ciência da Universidade de Coimbra. Apesar de pertencer a esta instituição, é importante comunicar o quão único e diferente é das outras partes constituintes. Esta marca poderá ser utilizada para divulgação da aplicação e criar a nova imagem independente do Gabinete de Física.

6.3.1.1. Logótipo

O desenvolvimento do logótipo partiu da necessidade de criar um símbolo para preencher a capa do Caderno. Foi utilizado o losango, criado com base na capa do Index Instrumentorum, seguido da introdução de um rectângulo orientado horizontalmente no centro deste símbolo com largura igual à altura do losango principal. No interior foi escrito, na primeira instância, a palavra “Caderno”, que mais tarde foi substituída por “Index”, o nome final da aplicação e do caderno utilizado na mesma. Foram realizados vários testes onde se utilizaram alguns dos componentes diferenciadores dos instrumentos e diferentes fontes serifadas que emulam o estilo da capa usada como referência (Anexo C). A fonte escolhida foi Inknut Antiqua uma vez que se assemelha à fonte serifada com altura baixa utilizada na capa do Index Instrumentorum. Finalmente foi ajustado o tamanho do rectângulo para melhor se ajustar ao texto e adicionados dois triângulos decorativos que ajudam a fortalecer a mancha gráfica criada pelo logótipo.

Index - Lista metódica ou alfabética de nomes de autores, de livros consultados, de assuntos. = Índice; Relação alfabética; tabela; catálogo. "index", in Dicionário Priberam da Língua Portuguesa [em linha], 2008-2013, <https://dicionario.priberam.org/index> [consultado em 23-07-2019].



Fig. X1 A versão inicial do logótipo da aplicação foi concebida utilizando a geometria criada a partir do símbolo da capa do Index Instrumentorum. Foram executadas pequenas alterações no posicionamento dos elementos para melhorar a estética final

Como já foi anteriormente referido, este não foi um processo linear, e numa fase mais avançada do projecto ao criar mais elementos gráficos para a aplicação, observou-se que o rectângulo não se ajustava muito à marca e decidiu-se mudar a forma para replicar os ângulos criados no centro do losango (Fig.X2).

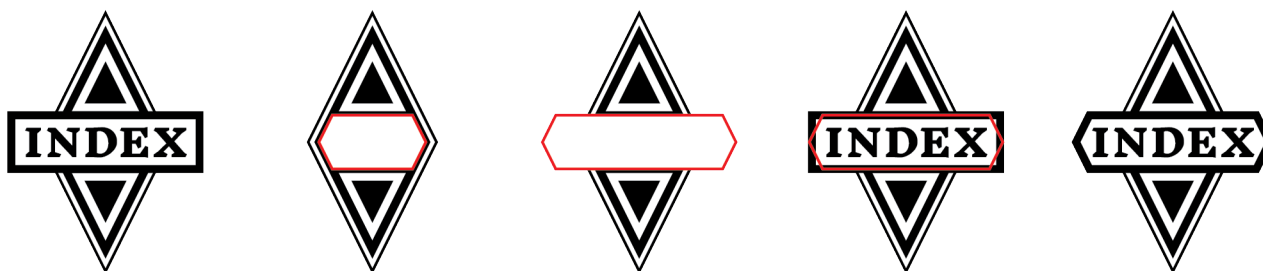


Fig. X2 Depois de finalizados outros elementos da aplicação, concluiu-se que o logótipo deveria ser actualizado para manter as formas originais do símbolo e reduzir a mancha criada pelo rectângulo central que envolve o texto.

O Logótipo poderá como meio de divulgação da aplicação, pode ser incluído no site e publicidade do museu como método atractivo e novidade. Além disso poderá ser aplicado em diferentes meios físicos como postais, canetas, cadernos, para criar uma linha gráfica alternativa à do Museu da Ciência, contrastando com o logótipo colorido.

Além disso, para facilitar a divulgação e incentivar o uso da aplicação, poderia ser aplicado um vinil na parede anterior à entrada do Gabinete de Física, ou criar uma placa com uma pequena descrição da aplicação e como usá-la. Desta forma o logótipo seria utilizado como desbloqueador da aplicação através da câmara, permitindo ao utilizador provar que esteve no local, adquirindo o direito de poder explorar aquele espaço e o seu conteúdo.

6.3.1.2. Símbolos dos Temas

A cada um dos temas foi atribuído um símbolo único que servirá como identificador do capítulo/tema. Este símbolo é criado utilizando a forma base e a cada tema atribuído uma forma geométrica que serve de identificador. Cada símbolo é composto pelo contorno principal, a forma geométrica correspondente e o número do capítulo no centro como podemos ver na [figura X](#). A fonte é a Adobe Caslon Pro e não Inknut Antiqua, como no logótipo, porque os caracteres têm uma largura menor e o desenho dos caracteres permitem criar uma mancha gráfica mais equilibrada em relação ao resto do símbolo.

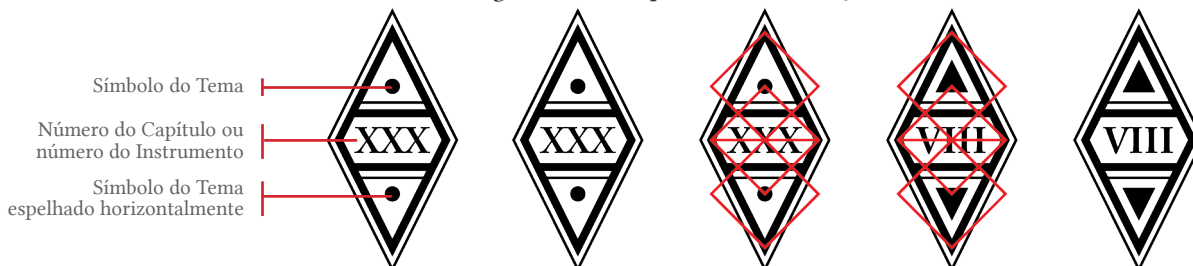


Fig. X Composição do símbolo de cada tema. Os diferentes elementos alinham-se com a geometria utilizada para criar o losango inicial. A posição do símbolo do tema sobre pequenas alterações de posicionamento entre os diferentes temas para melhorar o alinhamento dos mesmo com a restante forma.

Foram criados vários exemplos e exploradas alternativas para cada um dos temas ([Anexo C p.](#)), concluindo-se que as formas utilizadas deveriam-se aproximar de formas geométricas básicas (círculo, triângulo, quadrado) para facilitar a leitura em tamanhos reduzidos. Estas formas foram espelhadas horizontalmente para criar simetria entre os vários elementos.

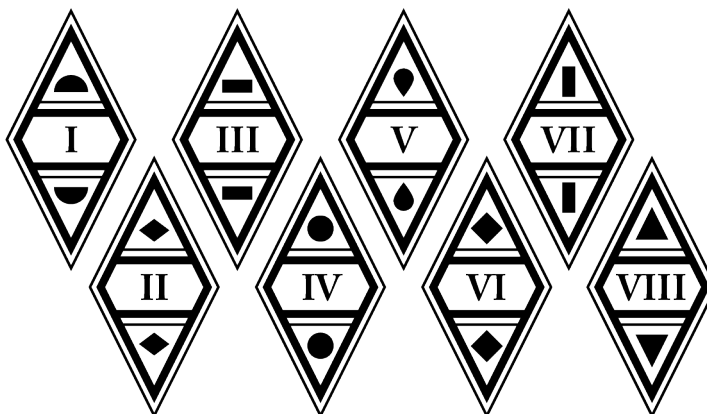


Fig. Símbolos para cada um dos Capítulos do Index. Cada um deles mostra o número desse capítulo a forma associada ao tema. Esse símbolo é utilizado para identificar os instrumentos incluídos no capítulo.

Procurou-se associar algumas das formas e os seus significados ao tema que representam, apesar de muitos dos significados por detrás das formas utilizadas não serem facilmente desconstruídos. Em alguns dos casos não foi possível associar nenhum sentido à forma.

Nº	NOME DO CAPÍTULO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO ASSOCIADO
I	Porosidade	Semi-círculo	Crivos
II	Centro de Gravidade	Losango Horizontal	Duplo-cone
III	Máquinas Simples e Compostas	Rectângulo Horizontal	—
IV	Forças Centrais	Círculo	Gravidade / Planeta
V	Ar	Gota Invertida	Fonte de Compressão / Balão
VI	Fogo	Losango equilátero	Combinação do símbolo alquímico do Fogo e Água
VII	Luz, Da Dióptrica, Da Catóptrica	Rectângulo Vertical	Espelho / Simetria
VIII	Electricidade	Triângulo	Símbolo alquímico do Fogo como variante de electricidade

Fig. X Detalhes acerca dos símbolos associados aos capítulos, as formas geométricas e o seu significado simbólico.

6.3.1.3. Símbolos dos Instrumentos

Cada um dos instrumentos tem um símbolo concebido com base no símbolo principal do seu tema. Este novo símbolo será composto pela forma geométrica atribuída, que pode sofrer variações no tamanho, ser acompanhada de linhas ornamentais com diferentes espessuras, por contornos tracejados ou outros elementos ornamentais. Estes símbolos têm no centro um número identificador da sua ordem no Index ou o número do instrumento na exposição do Gabinete de Física.

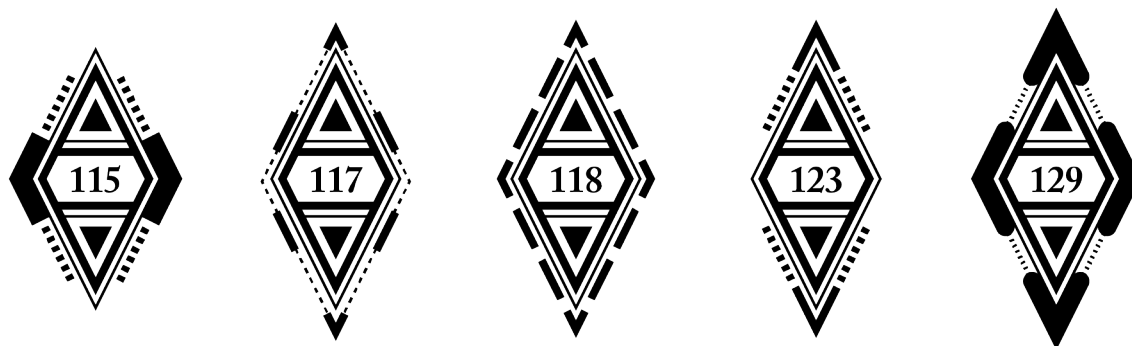


Fig. X Exemplo de bordas para os instrumentos do capítulo VIII, identificado pelos triângulos. Cada composição utiliza diferentes tipos de linhas, espessuras e tracejados. Algumas das variações utilizam elementos semelhantes repartidos para criarem aspectos distintos.

Os vários elementos ornamentais permitem um elevado número de combinações o que torna o sistema flexível e aplicável à grande quantidade de instrumentos do Gabinete de Física. Neste projecto os símbolos para cada instrumento foram concebidos manualmente mas para uma aplicação do sistema em grande escala seria possível implementar um simples programa que gerasse automaticamente várias combinações atribuíveis à vasta colecção.

Uma vez que cada instrumento tem um símbolo atribuído, estes podem ser utilizados nas próprias legendas presentes no Gabinete de Física e dessa forma utilizados como marcadores para o registo dos mesmos na aplicação e como forma de utilização de RA. As molduras únicas juntamente com o número no centro e o símbolo do capítulo permitem ao software de reconhecimento de marcadores de RA criar mais pontos de referência e posicionar o que for necessário em cima desses símbolos com maior precisão.

6.3.2. NARRADOR

Inicialmente concebido como sendo o “Professor” e posteriormente “Narrador”, esta personagem começou por ser idealizada como sendo do sexo masculino derivado das várias figuras de renome associadas ao Gabinete de Física como dalla Bella, Mário Silva ou um dos tantos lentes da instituição.



Fig. Várias fases do processo de desenho do primeiro Narrador

Durante o teste com o protótipo em papel os utilizadores foram questionados se haveria alguma diferença de percepção entre a utilização de uma personagem do sexo masculino e feminino. Cada utilizador preferiu sempre o Narrador do sexo equivalente ao seu mas quando questionados acerca da sua percepção da personagem todos concluíram que qualquer um dos sexos levaria ao mesmo resultado.

Posteriormente foi considerada uma terceira hipótese, uma figura desprovida de qualquer identidade de género, uma mascote que foi rapidamente descartada pela dificuldade em criar uma personagem que fornecesse empatia e autoridade suficiente. Uma mascote também não se adaptaria ao ambiente sóbrio e cuidado do Gabinete de Física.

A decisão final foi de utilizar a figura no símbolo da Universidade de Coimbra desde os seus primórdios, a figura intemporal da Sapiência (Atena/Minerva).



Fig. X Brasão da Universidade de Coimbra (Autor anónimo, 1597)



Fig. X Brasão da Universidade de Coimbra (Autor: anónimo, segunda metade do século XVII).



Fig. Brasão da Universidade de Coimbra (Autor: António Augusto Gonçalves, 1897).



Fig.X Detalhe das cara da figura da Sapiência no brasão da Universidade de Coimbra

Foram realizados vários esboços para a sua figura retirando inspiração de alguns trajes da época e retratos históricos de figuras femininas relacionadas com o estudo da Física no século XVIII e XIX. Os esboços pretendem criar uma nova abordagem à figura, transformando-o do seu aspecto clássico para um aspecto adequado à época de funcionamento do Gabinete de Física. A ilustração utiliza um estilo só com contorno e trama para emular algumas das ilustrações dos livros do século XVIII mas são utilizadas formas simples que facilitam processo de animação e a criação de várias emoções/expressões da personagem.

Foram produzidas várias componentes para a ilustração desta figura: formas de cara, olhos, narizes, bocas, sobrancelhas, penteados e roupa. As combinações possíveis são de um número muito elevado e derivado da quantidade de esboços realizados, tendo sido difícil escolher apenas um. Ao produzir diferentes composições faciais tornou-se difícil apontar

qual das caras inspirava mais empatia. Ao considerar que cada indivíduo tem diferentes percepções das formas e expressões foi criado um simples teste com várias caras com uma expressão neutra, nas quais variam a distribuição dos vários componentes, e várias formas das cabeças de forma a tentar apontar quais as composições mais confortáveis. Os vários conjuntos de caras foram distribuídos por 21 indivíduos que, para cada conjunto fornecido, escolheram uma cara.

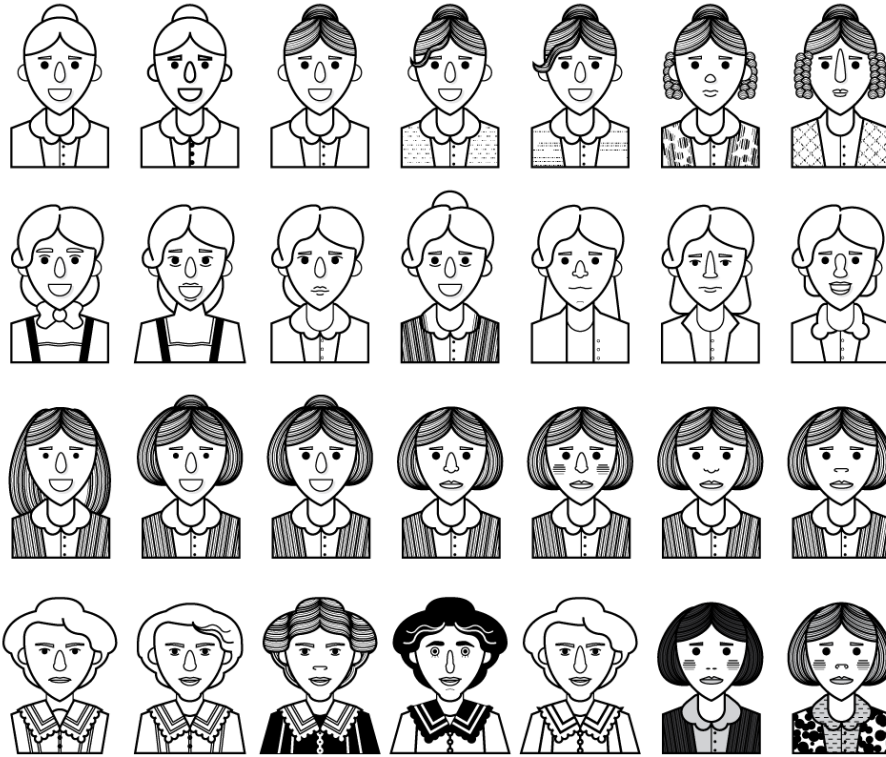


Fig. Esboços iniciais criados para a figura da Narradora antes da decisão de utilizar a figura da Sapiência.

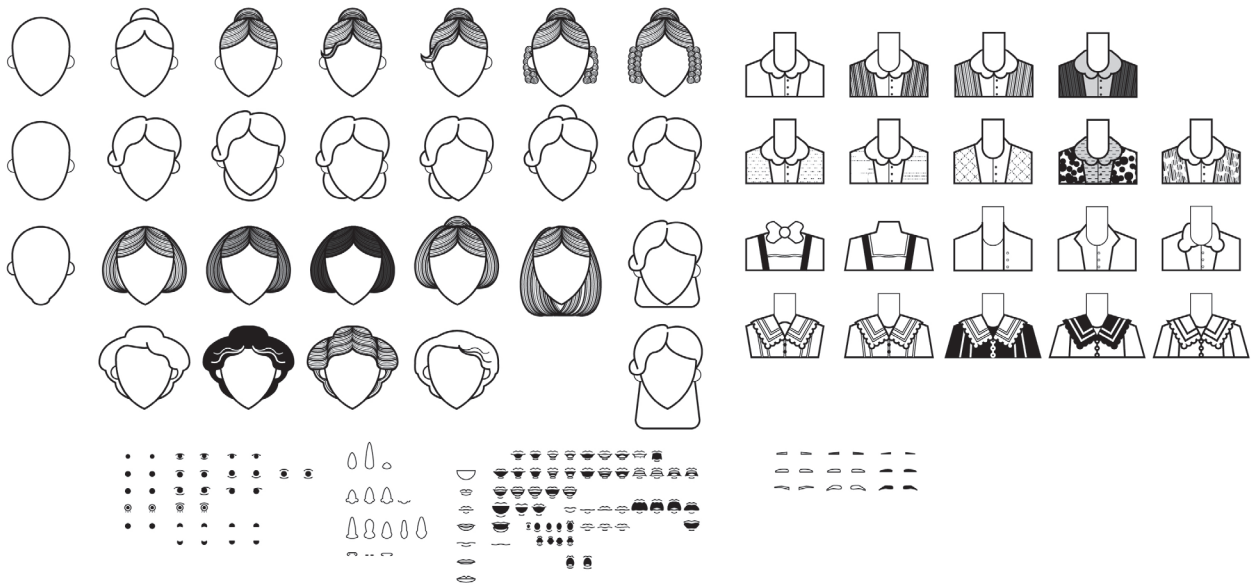


Fig. Componentes criados para a Narradora: cabeças, penteados, roupas, olhos, narizes, bocas e sobrancelhas.

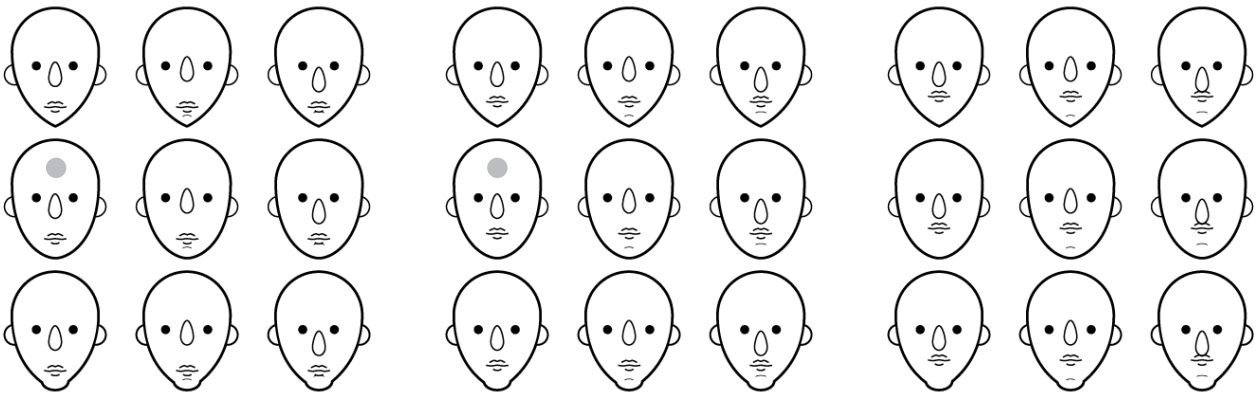


Fig. Composições utilizadas no teste para identificar qual a cara que gerava mais empatia. As caras identificadas com o círculo são as composições mais escolhidas pelos participantes.

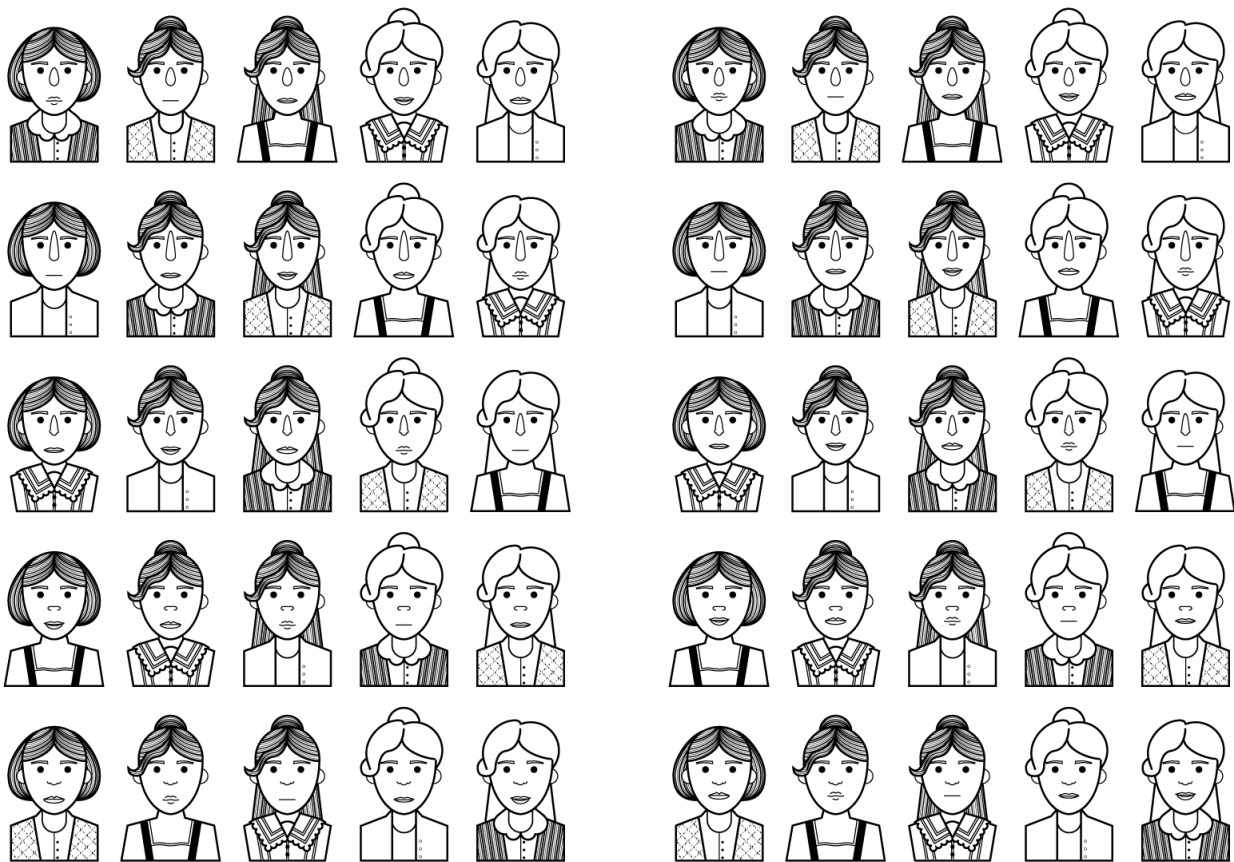


Fig. Esboços realizados com as duas caras seleccionadas nos testes de empatia. Foram criadas várias combinações com os elementos criados anteriormente.

As combinações mais escolhidas tendem para o posicionamento mediano dos vários componentes (afastamento dos olhos, distância entre nariz boca e queixo, altura do nariz, etc). Para as composições mais escolhidas foram criadas várias combinações dos componentes gerais citados de forma a analisar qual das escolhas seria a mais viável. Foram seleccionados os elementos finais para a composição com base na facilidade de produção de variações para animação e criação de expressões variadas para a personagem.

Com o processo de selecção das caras foi possível determinar qual das caras geram melhor empatia. Mas, depois de aplicados elementos mais estéticos como roupa, penteado e forma dos elementos da cara, a escolha de uma única solução foi difícil porque cada indivíduo teve uma apreciação global de diferentes elementos. Desta forma, apesar de ter sido

executado um processo analítico com resultados relevantes, as caras escolhidas serviram apenas para concluir que a melhor distribuição de elementos da cara é a mais neutra e equilibrada. A roupa, penteado e outros pequenos detalhes foram escolhidos de forma a potenciar a melhor leitura da figura e conexão à referência inicial, sendo que a figura da Sapiência final se divide em duas ilustrações finais. A cara da narradora é inspirada nos bustos e ilustrações da deusa Atena, com um nariz adunco e sobrancelhas grossas e é comum a ambas as figuras. A primeira figura tem a indumentária e penteado inspirados na figura da Sapiência no brasão da Universidade de Coimbra enquanto a segunda figura tem uma reinterpretação da indumentária mais moderna, utilizando a mesma linguagem para representar o cabelo e roupa, também com um estilo mais moderno. A primeira figura tem como objectivo introduzir a personagem aos utilizadores da aplicação e ao revelar-se intemporal, como símbolo do conhecimento sempre em transformação e evolução, sofre ela também uma actualização trazendo-a para um plano estético actual.



Fig. X - Versão da figura da Sapiência original baseada no brasão da Universidade de Coimbra de 1897.



Fig. X - Reinterpretação actualizada da Sapiência com roupa que a coloca num intervalo de tempo mais actual.

6.3.2.1. Animação/Expressões

Para dar personalidade à narradora e facilitar a criação de empatia com a personagem foram criadas diferentes expressões faciais que acompanham o diálogo. Estas expressões dividem-se em várias emoções e em expressões neutras enquanto são proferidas determinadas sílabas.

Criar um sistema de animação facial para a personagem requer demasiados recursos, a solução encontrada é modificar a expressão da personagem associada ao texto a ser apresentado no momento.

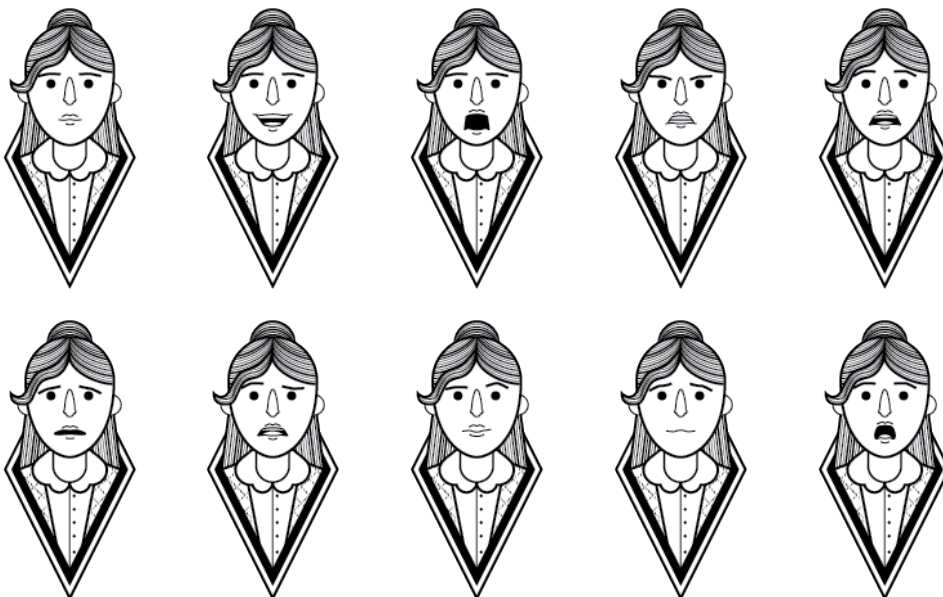


Fig. X - Expressões de sentimentos comuns criadas para a Sapiência: neutro, felicidade, espanto, raiva, nojo, desapontamento, dúvida, curiosidade, apatia, surpresa.

6.3.3. INDEX

O modelo do caderno foi inicialmente baseado no *Index Instrumentorum*. Funciona como uma combinação de caderno de apontamentos e de um livro didático. Nas várias iterações do processo de concepção manteve sempre a finalidade acompanhar constantemente o utilizador na sua visita enquanto mantém registo dos vários instrumentos com que o utilizador interage. Inicialmente o caderno seria um modelo tridimensional mas por motivos de eficiência da aplicação optou-se por uma representação bidimensional composta por elementos e sombras que simulam o efeito de tridimensionalidade

Na concepção das páginas foi tido em conta o público alvo e para isso a informação é estruturada de forma clara: em primeiro lugar, o nome do capítulo em que se insere o instrumento que estamos a consultar, seguido pelo seu nome (título principal da página); no canto oposto podemos ver o símbolo que representa o instrumento; o corpo do texto divide-se em duas partes sendo elas os detalhes técnicos em forma de lista e a descrição do seu funcionamento em forma de texto corrido

Uma vez que foram .

Electricidade

GARRAGA DE LEIDEN

criador: Pieter van Musschenbroek
MATERIAIS: Vidro, folha de ouro, folha de estanho e latão
DIMENSÕES: 36,8 x 10,4 cm
ANO: Desconhecido

- É um condensador capaz de armazenar carga eléctrica. É constituído por três elementos distintos: um isolante e duas armaduras que agem como condutores.
- O isolante é a garrafa de vidro, a armadura externa é uma folha de estanho que envolve a garrafa e a armadura interna é composta por folhas de ouro.
- No topo da garrafa existe uma rolha de cortiça que isola o interior e é atravessada por uma haste metálica que permite ligar a garrafa a uma máquina electrostática e armazenar carga.

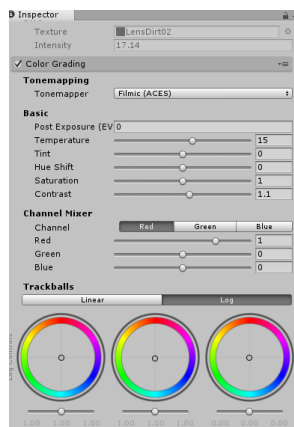
6.3.4. INTERFACE GRÁFICA

O design da interface gráfica foi iniciado ao executar as primeiras abordagens da experiência. Estes elementos foram considerados desde o início do projecto prático porque são essenciais para a comunicação da mensagem que é pretendida comunicar com a aplicação. A estética criada para a aplicação pretende aproximar o utilizador ao espaço físico através da utilização de elementos familiares (livro/caderno, professor/narrador, registo fotográfico). O design dos diferentes elementos utiliza como referência conteúdos históricos e físicos do Gabinete de Física para fortalecer a ligação que tentamos criar.



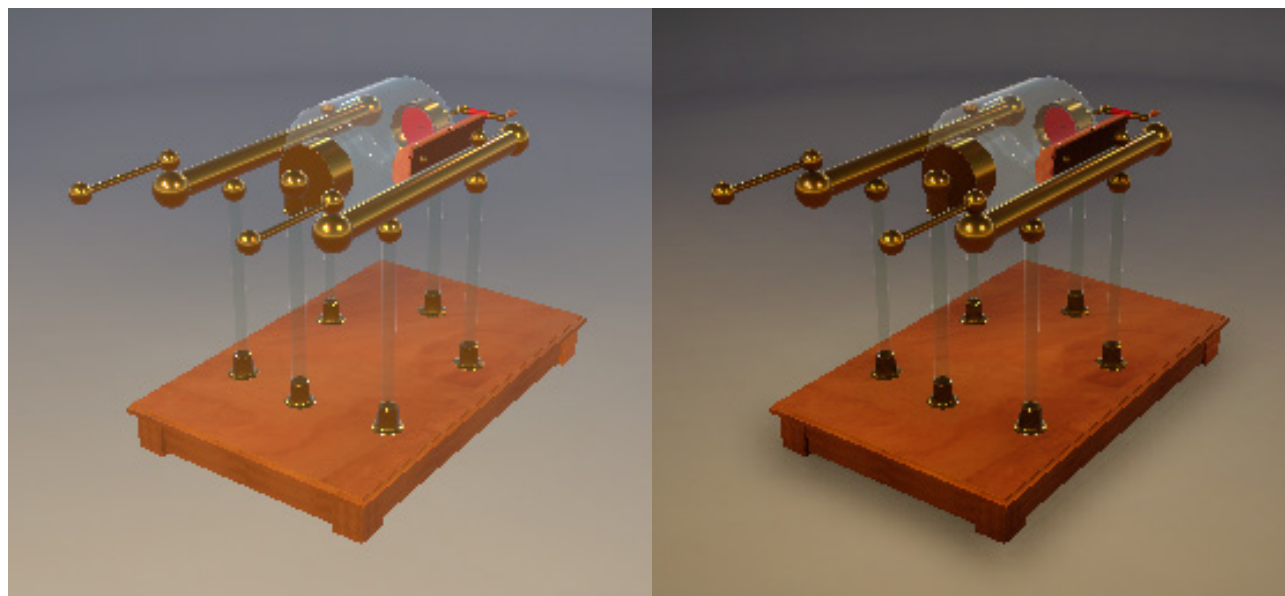
6.4. IMPLEMENTAÇÃO DO PROTÓTIPO FUNCIONAL

O protótipo funcional da aplicação foi implementado em Unity 3D. Inicialmente foi utilizada a versão 2017.2.1f1 e, para facilitar o processo de exportação foi utilizada uma versão mais recente, a versão 2019.2.3f1. Durante o processo de implementação foram utilizadas as várias componentes desenvolvidas durante o projecto, como o modelo tridimensional, os símbolos dos instrumentos, a Narradora e outros elementos do interface gráfico.



Figx Painel de configurações do script de PostProcessing utilizado para corrigir

Algumas das funcionalidades propostas para desenvolvimento necessitam de elementos exteriores que não foram produzidos originalmente, e para satisfazer essa necessidade foram utilizados vários pacotes e bibliotecas disponíveis gratuitamente na loja do Unity. Estes elementos foram: Vuforia, uma biblioteca de Realidade Aumentada que fornece uma câmara especializada em detecção de marcadores e funções que facilitam a associação desses marcadores a objectos dentro da aplicação; Post Processing, uma ferramenta que permite associar a uma câmara um perfil de edição de imagem como num software de edição de vídeo ou imagem; Particle Attractor by Moonflower Carnivore, um sistema simple de partículas que fornece ferramentas para simular vários tipos de partículas de raiz além de vários exemplos completos de sistemas, desde foguetes a trovões. Na versão mais recente do Unity o Vuforia e o Post Processing já fazem parte da oferta básica de pacotes do Unity o que facilita a sua utilização e suporte. Ao actualizar o Unity foi necessário corrigir uma grande quantidade de erros derivados da descontinuação e substituição de funções por versões actualizadas das mesmas, Isto levou a uma extensão do tempo de implementação e exportação da aplicação, mas em contrapartida melhorou-se o desempenho da aplicação durante o processo de desenvolvimento.



FigX. Antes e depois da aplicação do PostProcessing. Ao processar a imagem é possível adicionar contraste às texturas, sobressair algumas cores e adicionar sombras realistas que o processamento normal da câmara não consegue simular, dando um ar mais realista ao modelo.

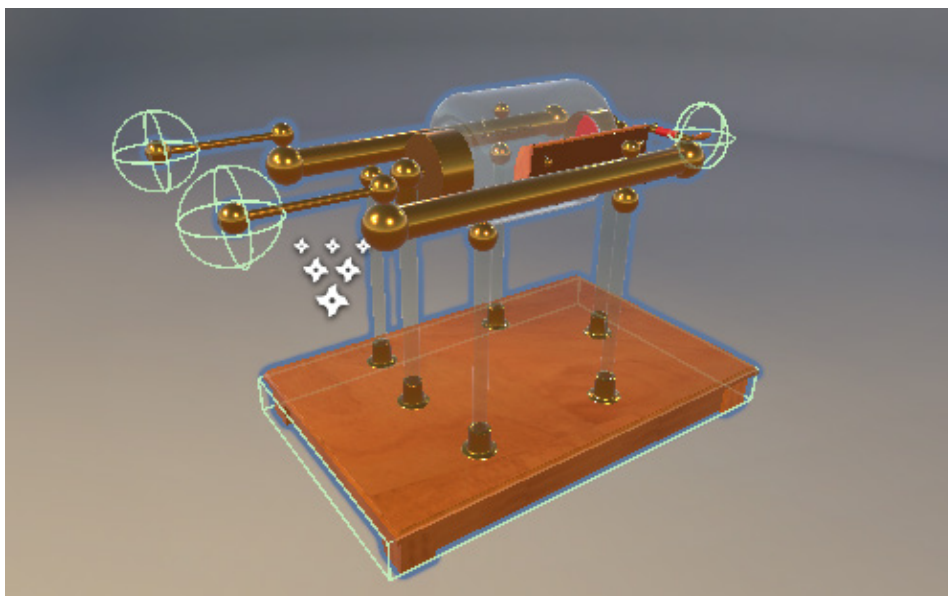
O protótipo foca-se no caso de estudo do capítulo da Electricidade e na experiência com a Máquina de Nairne. Neste protótipo a Narradora diz ao utilizador como interagir com os instrumentos utilizando a câmara do dispositivo móvel para registar cinco símbolos associados a cinco instrumentos específicos, espalhados pelas duas salas do Gabinete de Física, relacionados com o tema da Electricidade. Ao registar os instrumentos, o utilizador ganha a mais informação acerca deles e caso registe correctamente três desses instrumentos, ganha acesso à experiência realizada com o modelo tridimensional da Máquina de Nairne.

6.4.1. EXPERIÊNCIA

A implementação do protótipo começou por importar o modelo tridimensional para o ambiente do Unity, como já foi explicado no capítulo 6.2.. Seguiu-se a texturização do modelo seguida da animação e correcção de cor. De seguida foi posicionada a câmara numa perspectiva angular em relação ao instrumento de forma a tentar mostrar a maior quantidade de detalhes possível.

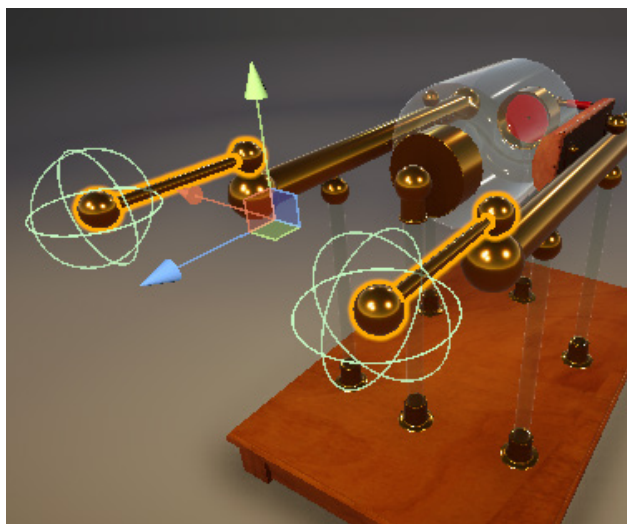
Seguiu-se a implementação das funcionalidades de interacção com o instrumento. Foram aplicadas vários Colliders (geometrias que permitem reconhecer a interação de um elemento exterior com o instrumento). Estes Colliders permitem reconhecer o toque ou click do utilizador na parte do instrumento a que estão associados. Foram utilizados quatro colliders: três deles CapsuleColliders que tomam a forma de uma esfera ou cápsula, conforme as proporções definidas, foram utilizados nos braços que devem ser ajustados durante a experiência, um para cada um deles, e outro colider do mesmo género no manípulo que permite a rotação da cilindro de vidro; o quarto collider é um BoxCollider utilizado na base de madeira do instrumento.

O pivô dos braços metálicos encontra-se no lado oposto ao do collider, o que permite aos braços rodarem sobre o eixo Y. A manivela tem o pivot no centro do cilindro o que permite rodá-lo em torno do eixo Z. O BoxCollider que envolve a base de madeira no qual o instrumento assenta, está associado a todo o modelo e permite rodá-lo sobre o eixo do Y de forma a facilitar a observação do modelo e permitir o acesso aos outros elementos aos braços ou manivela que se encontram em pontos opostos do instrumento.

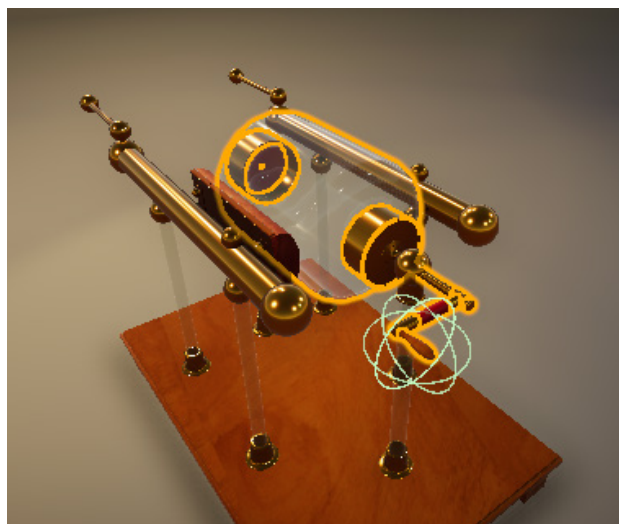


Figx Podemos ver o modelo seleccionado na cena no Unity. As linhas verde claro simbolizam as geometrias simplificadas dos Colliders utilizados

Foi implementada uma função para englobar a resolução da experiência concebida para este instrumento. Através da rotação da manivela, é gerado um valor que cresce enquanto interagimos com a mesma. Dentro de um intervalo específico a função emite um estado de “carregado” e caso os braços estejam aproximados o suficiente (no ângulo entre 30 a 50 graus do ângulo de origem), sucede-se uma descarga controlada e a experiência é um sucesso. Caso a interação com a manivela se prolongue por muito tempo o estado “carregado” passa a “descarga” o que significa que foi gerada demasiada energia, causando sequencialmente uma descarga, o ecrã fica negro para simular um apagão, causando um resultado alternativa à experiência que apesar de negativo, ajuda a sensibilizar para o perigo da eletricidade. Após estes estados os valores voltam a 0 podendo ser as acções repetidas.

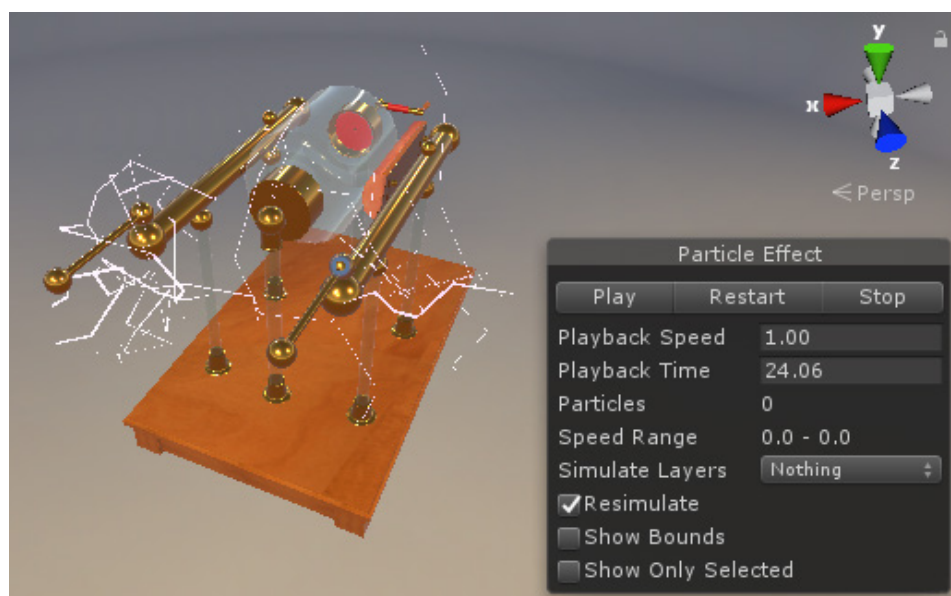


Figx O colider na ponta dos braços permite todar este elemento em volta do eixo Y da esfera oposta. Cada braço funciona inividualmente.



Figx O Collider envolve só o manípulo mas a rotação influencia todo o objecto que está delineado a amarelo.

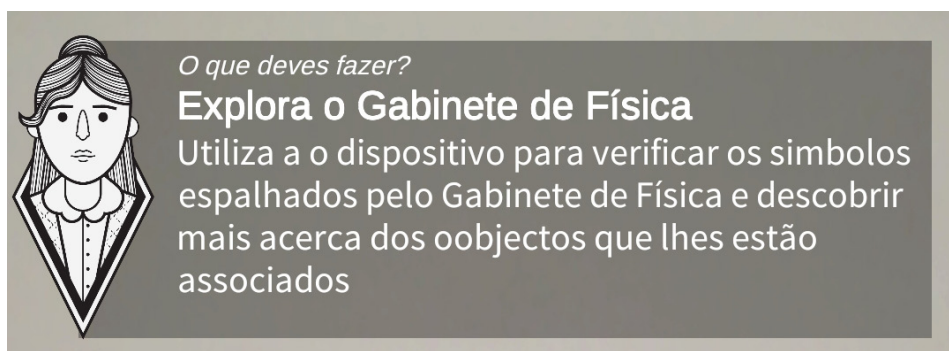
Dentro das esferas que servem de pivô para rotação dos braços metálicos foram colocados dois sistemas de partículas (um para cada lado) para simular a descarga eléctrica entre os dois elementos após a carga. Estes sistemas funcionam com base em dois elementos: um emissor de partículas do qual são geradas aleatoriamente partículas segundo alguns parâmetros (tempo de vida, variação de tamanho, cor) e um atrator que puxa as partículas geradas pelo emissor até ele. Para facilitar a simulação de transição de energia o sistema de partículas com partículas maiores foi colocado no braço que está ligado aos espigões metálicos, o lado arrecada mais energia, e o atrator no braço oposto. No braço ligado à almofada, o emissor cria partículas mais pequenas que fluem para o lado oposto criando assim a ligação.



Figx Sistema de partículas aleatórias que simulam a passagem de electricidade entre os dois braços. É possível observar que as partículas gerados no lado esquerdo têm maior espessura que no lado direito para simular o foco de maior descarga.

6.4.2. INTERFACE

O passo seguinte foi implementar a interface gráfica com base no design realizado para o primeiro protótipo e nos materiais criados na fase de design da aplicação. Em primeiro lugar foi implementada a Narradora, figura constante no canto superior esquerdo do ecrã. Serve como apoio, guia e interage com o utilizador através de mensagens de texto como resposta às acções do mesmo. Ao clicar na Narradora esta dá ao utilizador dicas. Por exemplo, quando o utilizador regista um instrumento ou inicia a experiência, ela reage dando detalhes e orientando o utilizador para quais os próximos passos a tomar.



Figx A fala da narradora divide-se em três caixas de texto. A primeira (em itálico) é utilizada para representar o capítulo a que pertence o instrumento registado ou para dar pequenas dicas ou colocar questões que a narradora vais abordar. A segunda (bold) é utilizada para representar o nome dos instrumentos registados ou a temática da informação que a narradora está a transmitir. A terceira (regular) é utilizada para informar acerca do funcionamento do instrumento registado e para desenvolver ideias e questões que surgem enquanto a aplicação é utilizada.

O botão de acesso ao caderno situa-se na parte inferior do ecrã uma vez que a aplicação é utilizada no modo vertical no dispositivo móvel, facilitando assim o acesso a este elemento. Tem um aspecto de folhas soltas e ao clicar abre uma janela cuja primeira página são os capítulos incluídos na aplicação. Foram escolhidos cinco instrumentos do capítulo de electricidade: três Máquinas de Nairne diferentes, a garrafa de Leiden, e a Balança de Torção de Coulomb. Foi desenhado um sistema dinâmico na página que inclui: no cabeçalho, o nome do Capítulo e o nome do Instrumento; no corpo a descrição do instrumento, detalhes técnicos da peça, o símbolo representante desse instrumento e espaço para uma imagem da mesma. Posteriormente, a imagem da peça foi retirada pois alterava a mancha gráfica da página. Decidimos considerar, como trabalho futuro, a implementação de um botão exterior à página, mas associado à mesma, para consultar a imagem deste elemento. Quando o Caderno está aberto podemos ver em baixo um pequeno marcador magenta. Este artefacto visual permite marcar páginas através de um ícone no canto superior esquerdo de cada página. Quando a página é marcada, o marcador magenta aparece do lado esquerdo da mesma e o ícone para marcar a página desaparece.

Ao registar instrumentos específicos (as três Máquinas de Nairne), surgem pequenos ícones que formam uma barra de progresso. Ao completar esta barra de progresso surge um botão que permite iniciar a experiência com o modelo tridimensional da Máquina de Nairne.

Não foram implementados os marcadores de capítulo uma vez que só é abordado um capítulo. Estes marcadores permitiriam consultar os instrumentos registados de outros capítulos, de forma a hierarquizar a informação, ajudando a controlar o progresso feito em cada um deles. (Imagens demonstrativas desta funcionalidades podem ser consultadas nas figuras x-y)

Narradora - Botão, quando clicado dá sugestões acerca da atitude a tomar. A caixa de texto à sua frente desaparece quando as falas acabam. Para passar para a próxima fala basta clicar em qualquer parte do ecrã.

Marcar - Botão, ao clicar no botão o marcador passa para a frente da página do lado esquerdo e este botão desaparece. Está disponível em todas as páginas que não estão marcadas.

Títulos - Apresentam o capítulo e o nome do instrumento cuja página estamos a consultar.

Texto - Descrição do instrumento e do seu funcionamento. Só contém o texto que cabe nesta página. Eventualmente deverá existir uma componente que permite ter mais texto através de um scroll ou subpáginas.

Detalhes - Esta coluna inclui as especificações técnicas dos instrumentos e o símbolo do instrumento respectivo. Existe espaço nesta coluna para colocar outros elementos (como uma fotografia do instrumento, ficheiro de vídeo ou som) numa próxima iteração.

Símbolo - Nesta página não tem funcionalidade. Pode ser utilizado como botão mais tarde para chamar alguma função ou mostrar algum detalhe do instrumento.

Marcador - Botão. Se a página não estiver marcada, o marcador está atrás da página e serve para chamar a página marcada automaticamente. Se a página for marcada, ou já estiver marcada, o marcador aparece à frente da página assim como num livro real.

Electricidade
Máquina Eléctrica de Nairne
O cilindro de vidro que oco roda em torno do eixo longitudinal ao utilizar a **manivela** na parte de trás da máquina. A almofada de pele permite gerar carga.

Electricidade
Máquina Eléctrica de Nairne

Esta máquina é constituída por um *cilindro de vidro* disposto horizontalmente com uma **manivela** metálica com manípulo de madeira numa das suas extremidades que permite a rotação do cilindro sobre o seu eixo longitudinal. A estrutura, paralela ao eixo do cilindro é feita de latão que permite a condução de electricidade até aos **condutores articulados** com esferas na ponta. De um dos lados da estrutura existe uma *almofada de pele* e do lado oposto, *espigões de metal*. Esta estrutura é suportada por pés de vidro que permitem isolar a estrutura e que assentam sobre uma mesa de

Construtor:
Edward Nairne
Materiais:
Vidro, latão, couro e madeira
Tamanho:
120 x 66 x 124 cm

118

Fechar Caderno

EXPERIÊNCIA

Caderno - Botão. Serve para abrir e fechar o caderno. Eventualmente o texto pode ser removido uma vez que a sua funcionalidade é intuitiva. Muda ligeiramente de cor (para mais escuro) quando o caderno está aberto.

Experiência - Botão. Desactiva a câmara RA e inicia a experiência. Ao iniciar a aplicação, este botão serve de barra de progresso e vai sendo preenchido conforme são registadas as três Máquinas de Nairne. Quando isso acontece o botão fica activo.

Fig X - Componentes da aplicação desenvolvida como protótipo funcional e utilizada nos testes de usabilidade.

6.4.2. REALIDADE AUMENTADA

O sistema utilizado para registar os instrumentos foi criado utilizando a biblioteca do Vuforia. Além disso, utilizamos o seu serviço gratuito de criação de base de dados para transformar os símbolos em marcadores (Figx). Neste caso utilizamos imagens como marcadores mas o Vuforia tem um serviço de scan e reconhecimento de elementos tridimensionais. Para realizar um scan fidedigno dos objectos é necessário isolá-los num ambiente neutro para poder capturar as suas geometrias sem ruído exterior. Isto não foi possível realizar pois o espólio do Gabinete de Física está na maioria dentro de armários ou rodeado de outros objectos. Para agilizar o processo de trabalho, foram utilizados os símbolos impressos em papel como marcadores tanto no desenvolvimento como nos testes de usabilidade. O sistema do Vuforia no Unity funciona com base nas imagens colocadas na base de dados, basta colocar um “target” (marcador) associado a esse símbolo e ao apontar a câmara (dispositivo móvel ou webcam) a um destes símbolos eles são reconhecidos automaticamente. Cada vez que um destes símbolos é registado a Narradora fala acerca do instrumento relacionado e é guardado o valor de que esse instrumento está registado, contando para o progresso geral para desbloquear a experiência.

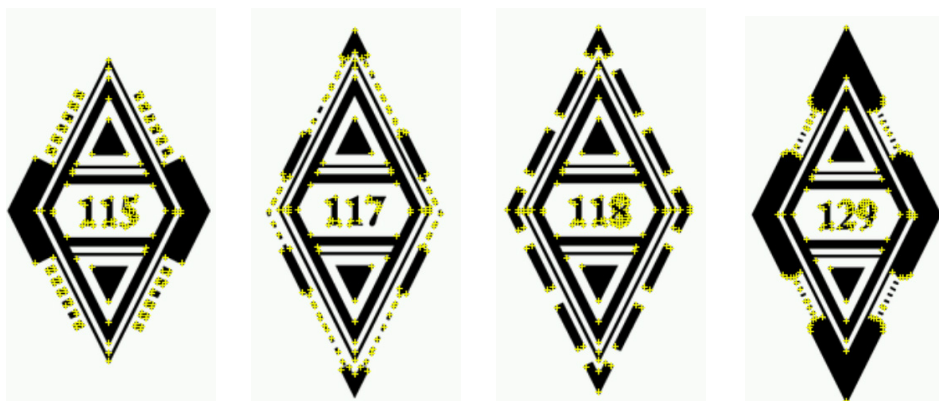


Fig X - Na plataforma online do Vuforia permite criar uma base de dados que armazena as imagens que servem de marcadores. Ao dar upload, a plataforma verifica a geometria da imagem, avalia o potencial da imagem para ser usada como marcador (de uma a cinco estrelas) e coloca pontos (a amarelo) de referência na imagem. Estes pontos são invisíveis quando se utiliza a imagem mas são usados pela câmara como âncoras dos objectos em RA que colocamos sobre ela.

Aos “targets” podem-se associar elementos, como modelos 3D ou imagens 2D, que aparecem sobre eles através de realidade aumentada. Foi testado usar o marcador como base para o modelo tridimensional e concluiu-se que é possível realizar a experiência na mesma, contudo o “target” tem que estar pousado e estático, podendo ser utilizado para rodar o instrumento apenas. Se o “target” estiver em movimento torna-se muito pouco funcional a interação com as funcionalidades do modelo. É uma boa opção incluir o “target” numa pequena brochura que o visitante pode levar e interagir com o instrumento fora do Gabinete de Física.

Como forma de *feedback* do reconhecimento de um destes símbolos, além do início de uma fala da Narradora acerca do instrumento associado, é sobreposto ao “target” o símbolo do capítulo associado e o símbolo desse mesmo instrumento.

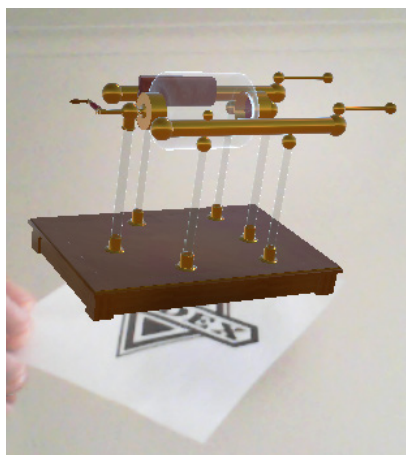


Fig X - Exemplo de Realidade Aumentada do modelo tridimensional do instrumento em cima do logótipo do aplicação que é o marcador.



Fig X. Ao apontar para osímbolo de um dos instrumentos ,aparece o seu símbolo simplificado, como uma moldura criada pelo símbolo do capítulo a que pertence.



Fig X. Para criar profundidade é utilizada uma sobreposição do símbolo do capítulo e o do instrumento criando um efeito de paralax ao ver o marcador de diferentes ângulos.

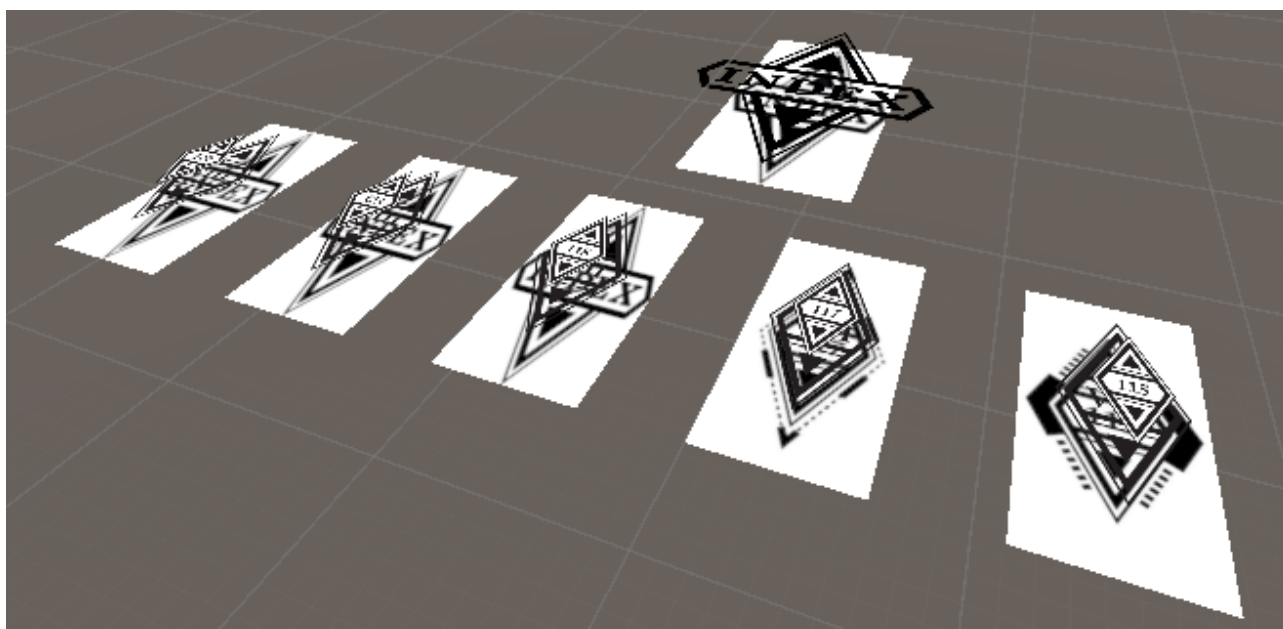


Fig. X. Aspecto no editor do Unity com os marcadores, ainda em fase de testes, sobrepostos com os símbolos que criam o efeito de profundidade.

6.4.3. EXPORTAÇÃO E DESEMPENHO

O produto final deste protótipo funcional é uma aplicação para Android (mínimo Android 8.0) em formato .apk. Esta aplicação não foi publicada na Google Store, uma vez que está em fase de testes e desenvolvimento. A aplicação tem dois estados distintos, o de exploração com a câmara de realidade aumentada e a experiência. Ao correr a aplicação no Unity, o seu funcionamento não revela qualquer tipo de erros, o frame-rate é constante e as funções implementadas cumprem o seu fim. A aplicação mobile tem alguns problemas derivados do processo de exportação. Durante o primeiro estado, o desempenho é estável, sem grandes dificuldades de processamento, mantém um frame-rate constante. No segundo estado o desempenho é muito inferior devido à elevada qualidade das texturas utilizadas e à grande quantidade de funções implementadas. Existem problemas graves de frame-rate o que influencia a interacção com o modelo. O sobrecarregamento do sistema leva também a que em certos casos os modelos utilizados para guardar informações (ex: Arrays) falhem e saltem instâncias, reconhecendo muitas o valor seguinte em vez do valor actual, acontecendo isto frequentemente com os marcadores. Ao reconhecer o marcador,

o sistema mostra uma imagem de um marcador diferente mas o texto da Narradora é o correcto. Estes erros não se verificam na versão dentro do Unity antes da exportação. Os erros reconhecidos serão corrigidos na versão seguinte da aplicação.

Derivado das constantes actualizações de software, tanto do Unity, como do Android e Java, o processo de exportação é de tentativa e erro. Apesar de apontar para uma versão específica é muitas vezes necessário alterar as APIs do Unity, instalar novas tools de suporte a Android. Este processo levou a grandes atrasos na realização dos testes de usabilidade, culminando na actualização do Unity utilizado da versão 2017.2.1f1 para 2019.2.3f1, uma versão mais estável, com APIs e Tools mais recentes e com maior suporte. Ainda assim houveram inúmeros problemas derivados de directórios com caracteres especiais que não eram reconhecidos pelos compiladores, plug-ins desatualizadas e descontinuadas entre versões e conflitos entre o SDK da Android e o JDK do Java.



Fig. X. É possível fazer os símbolo do marcador e o objecto introduzido pela realidade aumentada coincidirem com extra precisão. Uma vez que o Vuforia é um software com uma versão grátis, o logótipo está sempre presente. Caso o queiramos retirar é necessário pagar uma licença



Fig. X. Sobreposição dos diferentes elementos. O primeiro símbolo com elementos decorativos que ajudam na detecção do símbolo sobreposto pelo símbolo do capítulo do exacto tamanho que o símbolo do marcador. Coincidindo proporcionalmente com os triângulos que simbolizam o capítulo, está o símbolo com o número do instrumento.

7. TESTES DE USABILIDADE

Os testes de usabilidade foram realizados utilizando a aplicação concebida como protótipo funcional. Cada teste consistia na visita ao Gabinete de Física acompanhado do dispositivo móvel com a aplicação instalada. Os símbolos foram colocados perto dos instrumentos que representam, idealmente colocados ao pé da legenda. O utilizador deveria iniciar a aplicação e registar um marcador com a imagem do logotipo da aplicação. Esta tarefa acciona a Narradora, que se introduz ao visitante e explica o que deve fazer. O utilizador é então livre de visitar e vaguear pelo Gabinete de Física, interagir com os vários marcadores até registar instrumentos suficientes e, no fim, realizar a experiência, com ou sem sucesso.



Fig. X Máquina Eléctrica de Globo de Vidro de Nairne abompanhada da legenda e do marcados de papel. Num cenário ideal o marcador estaria incluído na placa de legenda do instrumento



Fig. X Máquina Eléctrica de Nairne com apoios de madeira. Nos instrumentos que estão dentro de armários e não têm legenda o marcador podia ser colocado utilizado vinil no vidro.

Foram realizados seis testes de usabilidade, a voluntários com idades compreendidas entre 24 e 29 anos, na sua grande maioria com Mestrado e a trabalharem na área para que estudaram. Apesar de não ser o público alvo do trabalho (nível de formação muito mais elevado), os testes permitiram recolher informações acerca de melhorias necessárias, recolher informação acerca de erros e sugestões para melhoria das funcionalidades. Quatro dos testes foram realizados no Gabinete de Física enquanto os outros dois foram realizados no Departamento de Engenharia Informática da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, numa pequena simulação do espaço com imagens dos instrumentos e símbolos associados.



Fig. X Participante, durante o teste de usabilidade a tentar reconhecer o marcador. A legenda deste instrumento encontrava-se depois dos limites de proximidade dos instrumentos e o dispositivo teve problemas em reconhecer o símbolo sem se aproximar. Nestes casos o símbolo poderia ter proporções maiores.



Fig. X Participante a realizar a experiência na aplicação em frente ao instrumento real. Através da observação da máquina é possível obter informação acerca de como posicionar os braços do modelo tridimensional para completar a experiência.

7.1. TAREFAS

As tarefas especificadas foram definidas segundo as funcionalidades da aplicação. Originalmente o teste seria executado pedindo aos utilizadores para executar cada uma das tarefas, observando os problemas e contando o tempo que demoram a terminar a tarefa. O problema com esta abordagem é que prende o utilizador a uma utilização linear e pouco exploratória. As tarefas são realizadas pelos utilizadores organicamente durante a utilização. Porém, isto leva a que, em alguns casos, algumas delas não sejam realizadas. As sessões de teste (uso da aplicação e visita) foram acompanhados para o caso de surgirem algumas dúvidas.

	TAREFAS	DESCRIÇÃO
T1	Verificar o Símbolo	Registrar o marcador com logotipo para iniciar a visita
T2	Interagir com a Narradora	Ler a introdução da narradora e passar o texto até ao fim através do toque
T3	Falar com a Narradora	Carregar na figura da narradora para pedir dicas
T4	Verificar Instrumentos	Registrar um instrumento com a câmara
T5	Abrir Livro	Carregar no botão na parte inferior do ecrã para abrir o livro
T6	Mudar página	Carregar numa das metades da página para passar para a página seguinte ou anterior
T7	Marcar Página	Marcar uma página através do ícone no canto superior direito da página
T8	Consultar Marcador	Utilizar o marcador no canto inferior esquerdo da página
T9	Concluir registos	Registrar instrumentos suficientes para desbloquear o botão de início da experiência
T10	Entrar na experiência	Carregar no botão no canto inferior direito para iniciar a experiência
T11	Rodar instrumento	Utilizar o arraste na base do instrumento para o rodar
T12	Posicionar braços	Utilizar a esfera na ponta dos braços metálicos para os aproximar sem se tocarem
T13	Rodar manivela	Rodar a manivela na parte traseira do instrumento até gerar carga
T14	Ver Resultado	Posicionar os braços numa posição aproximada, gerar carga suficiente e voltar a máquina para a frente para ver a descarga eléctrica ou gerar carga a mais e provocar uma descarga eléctrica descontrolada
T15	Procurar outra opção	O resultado oposto do obtido no passo anterior

Fig. X. Tarefas definidas para avaliar o participante do teste de usabilidade. Foram utilizadas posteriormente guias para comentários após teste

7.2. RESULTADOS

Foi criado um formulário para o utilizador responder após o teste. O questionário é foi dividido em duas partes. A primeira parte é um questionário aos utilizadores (dividido em duas partes, respondido numa escala de Likert) sobre a sua experiência pessoal e opinião acerca de Museus, experiências interactivas e tecnologia como meio de elevar a experiência no museu. A segunda parte é um conjunto de perguntas acerca da aplicação dividido em três elementos, um questionário (em escala de Likert), três perguntas de resposta curta e uma lista das tarefas com espaço para registar dificuldades e sugestões acerca de cada uma. Os resultados de cada um dos utilizadores podem ser consultados no [_Anexo_](#).

As respostas recolhidas foram utilizada para criar uma pequena visualização de informação que mostra a distribuição das respostas dadas através de gráficos de barras. Os dados individuais assim como conjuntos estão disponíveis no anexo referenciado anteriormente, podendo assim a informação ser vista de outra forma.

A1	Visita museus
A2	Visita exposições interactivas
A3	Procura saber mais acerca dos temas abordados nos museus/exposições após a visita
A4	Utiliza aplicações com realidade aumentada
A5	Procura activamente novos meios de interacção e tecnologias que melhoram a vivência e experiência do dia-a-dia

Fig.X Estas questões procuraram perceber se os participantes são consumidores de experiências semelhantes às que estudamos neste projecto. A escala de resposta é: 1- Raramente 2- Com pouca frequência 3- Nem muito, nem pouco 4- Com alguma frequência 5- Muitas vezes

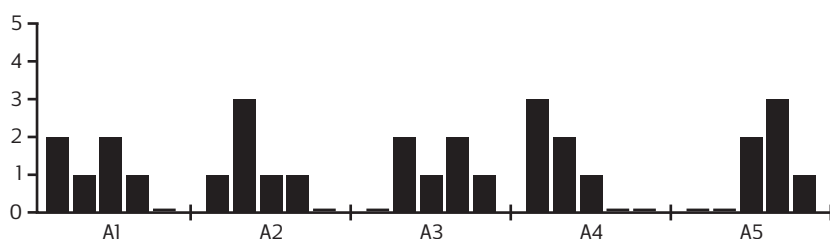


Fig.X Distribuição dos valores das respostas. O valor vertical é o número de respostas de um certo número da escala. Na horizontal, agrupado em perguntas são os valores de resposta de 1 a 5, ou seja, na tarefa A1, houve duas pessoas que responderam 1, uma que respondeu 2, duas que responderam 3, uma que respondeu 4 e nenhuma a responder 5.

B1	A Realidade Aumentada é uma tecnologia importante
B2	A Realidade Aumentada é pouco explorada
B3	Os Museus devem melhorar as exposições com novas tecnologias e novas abordagens
B4	Há património que não deve ser tocado pela tecnologia
B5	Os Museus devem procurar renovar/repensar o seu conteúdo com regularidade para incentivar a revisita
B6	Os Museus são um local de aprendizagem
B7	Os Museus podem ser um local de lazer

Fig.X Com estas questões procurou-se saber se a tecnologia que utilizamos é relevante e se o espaço museológico se deve actualizar com novos meios de comunicação. Escala: 1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Indiferente 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente

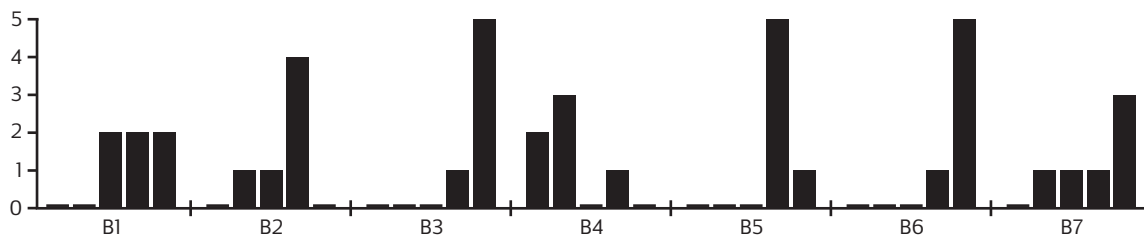


Fig.X Podemos verificar que é quase uníssona a opinião de que a realidade aumentada é pouco utilizada e que os museus devem recorrer a novos meios para se reinventarem ,chamar público e criar novos métodos de exposição de conteúdos que permitam alterar-se constantemente.

C1	A estrutura da aplicação é simples
C2	A navegação entre elementos é fácil
C3	Os métodos de interacção adequados ao conteúdo explorado
C4	Os métodos de interacção simples de entender
C5	Ausência de som prejudica a aplicação
C6	A aplicação suscitou curiosidade acerca dos conteúdos do Gabinete de Física
C7	Os conhecimentos adquiridos durante o uso da aplicação ajudam a melhorar a experiência da visita

Fig.X O objectivo deste conjunto é analisar a opinião dos utilizadores acerca da experiência de visita conjunta da visita com a aplicação e as suas diversas funcionalidades. Escala: 1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Indiferente 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente

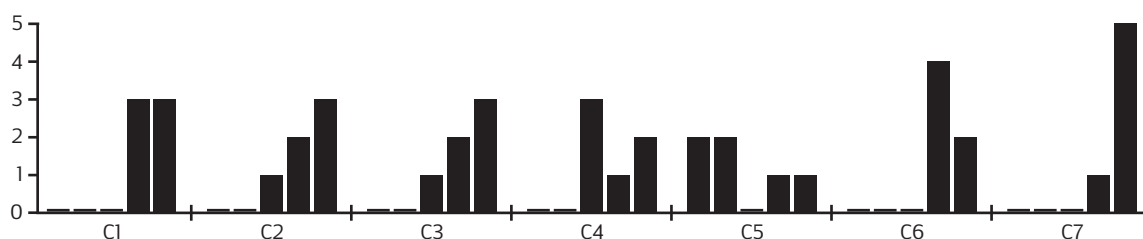


Fig.X Enquanto a maioria das questões foram quase unânimes ou tenderam muito para a positividade, a questão do som foi um pouco divisiva. A utilização de som nesta aplicação permitiria facilitar a absorção da informação uma vez que o texto narrado é mais fácil de absorver. O som poderia também ser usado como método de feedback de algumas acções como marcar o livro, desbloquear a experiência, ou detectar o instrumento.

7.3. CONCLUSÕES DOS TESTES DE USABILIDADE

Os dois testes realizados no ambiente controlado resultaram numa maior recolha de informação uma vez que é mais fácil registrar os comentários momentâneos e observar melhor a interacção do utilizador com a aplicação, sendo um teste muito mais a nível técnico e funcional da aplicação, já que o contexto espacial é diferente do do Gabinete de Física. No Gabinete de Física verificaram-se duas abordagens: a primeira na qual dois utilizadores (que já tinham visitado o Gabinete de Física noutra ocasião prévia não relacionada com este projecto) realizaram o teste focando-se apenas na aplicação sem dar grande importância à visita ao espaço, completando as tarefas propostas de forma rápida e eficiente; a segunda na qual dois utilizadores que nunca tinha visitado o espaço alternavam a utilização da aplicação com a visita, servindo-se da aplicação como suporte informativo, vagueando naturalmente pelo espaço sem nenhum objectivo urgente, usufruindo da experiência. Observou-se assim o funcionamento ideal da aplicação, uma união orgânica entre a visita e a utilização da tecnologia para a tornar melhor.

Ao acompanhar os participantes durante os testes e depois de revistos os questionários, foi possível concluir que a aplicação carece de detalhe na forma como apresenta as diferentes funcionalidades e sistemas. É necessário introduzir cada elemento ao iniciar a aplicação a primeira vez, explicar o seu funcionamento e forma de uso. Os casos mais notáveis são: a forma como carregar em qualquer parte do ecrã enquanto a Narradora fala, passa para a fala seguinte; a forma como se passa de uma página para a outra ao carregar num dos lados da página; o marcador de páginas; e o caso mais específico é a introdução à experiência que é pouco clara em relação aos objectivos e às partes com que é possível interagir.

Surgiu também a questão de a aplicação estar disponível num site e ser acedida de forma mais rápida, através de um browser em vez de precisar de ser instalada num dispositivo móvel. Isto iria agilizar o tempo de preparação para a visita e caso houvesse criação de uma conta pessoal, permitiria manter o progresso caso o utilizador quisesse aceder à aplicação noutro dispositivo.

Estas sessões de teste, demonstram que é necessário uma revisão da usabilidade da aplicação em relação às acções do utilizador. A falta de som na aplicação não se revelou problema, contudo é necessário criar elementos de feedback na aplicação. Além disso, como considerado, a Narradora ter uma voz seria um método facilitar a acessibilidade, de retirar o olhar do ecrã enquanto se ouve a narração. Falta também *feedback* táctil criado através da vibração do dispositivo em várias intensidades, sistema que poderia ser utilizado com vários níveis de intensidade, tanto durante a exploração para chamar a atenção do utilizador, ou num caso mais específico, mostrar que a rotação da manivela durante a experiência está a gerar carga e ter grande intensidade quando a descarga é efectuada. Em termos visuais, os utilizadores consideram que era necessário rever o tamanho de alguns botões e texto para se adequar melhor a dispositivos mais pequenos. Também consideram necessário adicionar pequenos indicadores de navegação como setas para indicar como mudar as páginas e um sinal para indicar que a narradora tem mais texto.

Os utilizadores consideraram também que existe a necessidade de simplificar as mensagens, com menos texto e informação mais relevante para o utilizador. É importante complementar as informações já presentes com conteúdos científicos mais aprofundados que possam incentivar o utilizador a aprofundar o seu conhecimento na área. Não foi utilizada qualquer linguagem nem teorema científico na aplicação, contudo seria interessante, como sugerido por um dos participantes do teste de usabilidade, incluir um esquema de funcionamento, algo mais técnico e focar as animações e explicações em conteúdo visual e não só escrito (ex: explicar a forma como as descargas advêm de uma disparidade entre neutrões entre dois objectos).

8. CONCLUSÃO

A aplicação desenvolvida pretende dar a conhecer o Gabinete de Física e o seu património. Ao focarmo-nos num objecto estamos a menosprezar o valor de muitos outros, contudo é justificável se o fim trazer mais informação e cultivar o conhecimento, abrindo portas para uma nova fase de desenvolvimento do projecto que permita englobar mais instrumentos.

A componente principal deste projecto foi explorar como a tecnologia podia integrar um espaço estático e trazer vida a duas salas, não esquecidas, mas muito menosprezadas. A aplicação não deve ser um distractor do espaço, e dessa forma deve haver uma comunhão entre os dois. Cada vez mais vemos o uso de tecnologias para melhorar a experiência e o nível de vida da população, mas é necessário trazer essas componentes para o lado cultural muitas vezes esquecido. A realidade aumentada é uma porta de entrada para este mundo porque através de sistemas simples, como o desenvolvido nesta dissertação, é possível trazer nova vida a algo aparentemente esquecido. A introdução de elementos interativos permite a que os utilizadores e visitantes possam acrescentar algo seu e completar algo pelos seus meios e não apenas observar algo, que é o que já é possível fazer no Gabinete de Física, ver instrumentos e não fazer nada com eles nem aprender nada sobre eles. É necessário tomar em conta o produto que estamos a desenvolver e mantê-lo próximo do objectivo. Os materiais devem emular o ambiente que estamos a tentar replicar e permitir ao utilizador que se perca, mas com sentido, dentro do espaço que está a explorar.

Um factor importante é perceber que a visita e a disposição para a visita devem ser tomados em consideração quando uma aplicação é desenvolvida. Como foi verificado nos testes de usabilidade, se o utilizador não estiver interessado no espaço e só se focar na aplicação, o proveito é nulo e derrota-se o propósito da mesma. Deve haver um equilíbrio entre o que aplicação nos deixa fazer e o que o espaço nos dá. Se houver interesse por parte do visitante a aplicação é utilizada como um suporte da visita e não como justificação da visita, e é esse o seu objectivo, complementar o património do Gabinete de Física e dá-lo a conhecer ao mundo.

8.1. DIFICULDADES SENTIDAS

Durante o processo de desenvolvimento do trabalho foi necessário reformular a abordagem várias tentando tomar uma nova rota no rumo do projecto. Isto fez com que se simplificasse vários sistemas e ideias que eram essenciais ao projecto de forma a ser possível completá-lo a tempo.

O primeiro grande problema foi o foco do trabalho. Ao olhar para a vastidão do espólio do Gabinete de Física foram descobertos vários instrumentos com enorme potencial. Dado que o objectivo era dar a conhecer estes instrumentos era necessário incluir o maior número e interagir com eles da forma mais dinâmica possível. O facto de existir uma tese muito semelhante a esta (Lacor, 2015) fez com que o projecto se afastasse das rotas que estava a tomar, onde se procurava utilizar narrativas e trajectórias. Desta forma o foco mudou-se para apresentar um instrumento e um pequeno círculo de instrumentos relacionados que intensificam o conhecimento necessário para interagir com o instrumento principal. A partir do momento em que o foco do projecto passou de apresentar o máximo de instrumentos possíveis a interagirem entre eles para representar um instrumento completamente funcional, foi muito mais fácil progredir e começar o verdadeiro desenvolvimento, surgindo pouco tempo depois o primeiro modelo tridimensional da Máquina de Nairne.

O Gabinete de Física tem vindo a mudar desde o início deste projecto. No início, as visitas eram guiadas e os visitantes podiam vaguear pelo espaço sem qualquer problema. Com o passar do tempo e a maior afluência foi necessário alterar o modo de visita e começaram

a realizar quase exclusivamente visitas livres, sem guia e de apenas 15 minutos. De certa forma, esta medida levou a que se repensasse o projecto prático para ser algo mais dinâmico no qual a interacção não podia ser feita só no Gabinete de Física devido ao tempo disponível e assim surgiu a ideia do sistema de registo dos instrumentos e da experiência portátil. O modelo de visita actual foi alterado, os visitantes podem circular durante o tempo que lhes apetece, contudo só o corredor principal que liga as duas salas é que está disponível para circulação. Não é permitido aceder às escadas que levam aos armários, ficando assim o espólio e o potencial ainda mais reduzido uma vez que não existe forma de ver os instrumentos de perto, reduzindo a acessibilidade em mais de metade. Este novo não impossibilitou a realização dos testes de usabilidade porque os instrumentos necessários encontram-se perto do caminho central. Contudo a maioria das máquinas pequenas estão inacessíveis, perdendo-se assim a possibilidade de desenvolver um projecto semelhante para outros instrumentos.

A plataforma escolhida para desenvolver o projecto, Unity 3D facilitou muito a sua implementação derivado de existir uma documentação muito completa e uma comunidade muito activa. O processo de trabalho foi agilizado ao utilizar um motor de jogo que mostra em tempo real as alterações funcionais enquanto o projecto é implementado. O que não era esperado era que a exportação do projecto fosse tão difícil. O facto de ser um software em constante actualização, dependente de outros softwares proprietários para compilar e processar o sistema de build da aplicação levou a que ocoressem inúmeros erros. Para se arranjar solução foram necessários vários dias a tentar instalar e desinstalar APIs, editar vários ficheiros, forçar instalações e tudo sem sucesso. É um problema comum nesta plataforma. No final foi necessário recorrer a colegas para que estes com versões diferentes e sistemas operativos diferentes conseguissem por fim criar a aplicação que viria a ser utilizada nos testes de usabilidade.

8.2. TRABALHO POSTERIOR

O foco principal de trabalho futuro é expandir a aplicação para poder englobar e simular o funcionamento de mais instrumentos. Apesar do estado do Gabinete de Física, não se deve perder o interesse pelo espaço e devem-se continuar a explorar opções para dar a conhecer a sua história.

O primeiro passo seria implementar os restantes sete instrumentos da selecção, seguido de melhorias na aplicação. A implementação de som seria uma mais valia pois permitiria criar sistemas de feedback auditivos que ajudariam na usabilidade da aplicação. A introdução de uma voz para a Narradora seria um ponto fulcral neste projecto pois dava ao utilizador a oportunidade de consumir o conteúdo (agora apenas disponível através de texto) de uma forma dinâmica enquanto explora o Gabinete de Física. O objectivo principal da narradora transmitir todas as informações a partir de voz seria o de eliminar a dependência do visitante de estar sempre a olhar para o dispositivo e assim absorver o ambiente envolvente em vez de experienciar o espaço pelo ecrã de um dispositivo. Em seguida deveria ser implementado o sistema de recompensas e de divulgação da aplicação

A finalidade da experiência é o de ser explorativa e o facto de só ter dois finais possíveis atira essa ideia por terra. Numa próxima iteração deveria ser possível registar mais instrumentos do Gabinete de Física que adicionariam possibilidades à experiência. A introdução de alguns desses instrumentos modelados no espaço da Máquina de Nairne traria novas possibilidades de interacção e criaria um ambiente muito mais preenchido contrastando com a actual máquina num cenário cinzento. Num cenário ideal todos ou quase todos os instrumentos deveriam poder ser registados no Index, com páginas de informação para cada um, para tirá-los da obscuridade, e também experiências interactivas novas, assim como animações e vídeo para complementar o conhecimento proveniente desses instrumentos.

Uma alternativa na continuação deste projecto seria incluir a aplicação num site online (ex: site do museu) no qual as pessoas poderiam interagir com os vários instrumentos tornando-se assim numa ferramenta didáctica fora do espaço do Gabinete de Física. Dado que o projecto foi desenvolvido para Android, seria importante criar também uma versão para iPhone.

O sistema criado para este projecto pode ser utilizado noutros contextos, sendo que é um processo de captura e tentativa de coleccionar o máximo de informação possível para aceder a uma experiência maior e mais gratificante.

BIBLIOGRAFIA

Carvalho, R. de (1978). *A História do Gabinete de Física da Universidade de Coimbra*. Coimbra: Gráfica de Coimbra.

Carvalho, R. de (1997). *A Física na Reforma Pombalina in O Engenho e a Arte*, Ruivo M. da C. (Coordenação). Lisboa: Minerva do Comércio

Carvalho, R. de (2001). *História do Ensino em Portugal: Desde a fundação da Nacionalidade até ao fim do regime de Salazar-Caetano*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian

Falk, J. H., Storksdieck, M.(2005). Learning science from museums in História, Ciências, Saúde- Manguinhos vol.12, Köptcke L. S.(Editora Convidada). Rio de Janeiro:Fundação Oswaldo Cruz

Falk, J. H. (2013) “Understanding Visitors’ Motivations and Learning.”
https://slks.dk/fileadmin/user_upload/dokumenter/KS/institutioner/museer/Indsatsomraader/Brugerundersogelse/Artikler/John_Falk_Understanding_museum_visitors_motivations_and_learning.pdf

Fling, B. (2009). *Mobile Design and Development*. California: O’Reilly Media, Inc.
<https://www.safaribooksonline.com/library/view/mobile-design-and/9780596806231/>

Furtado, C. S. (1997). Nota de Abertura in *O Engenho e a Arte*, Ruivo M. da C. (Coordenação). Lisboa: Minerva do Comércio

Martins, D. R. (1997). *Origem e Desenvolvimento do Gabinete de Física Experimental da Universidade de Coimbra in O Engenho e a Arte*, Ruivo M. da C. (Coordenação). Lisboa: Minerva do Comércio

Martins, D. R. (2013). *A Faculdade de Filosofia Natural (1772-1911) in História da Ciência na Universidade de Coimbra*, Fiolhais C., Simões C., Martins D. (Editores). Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra

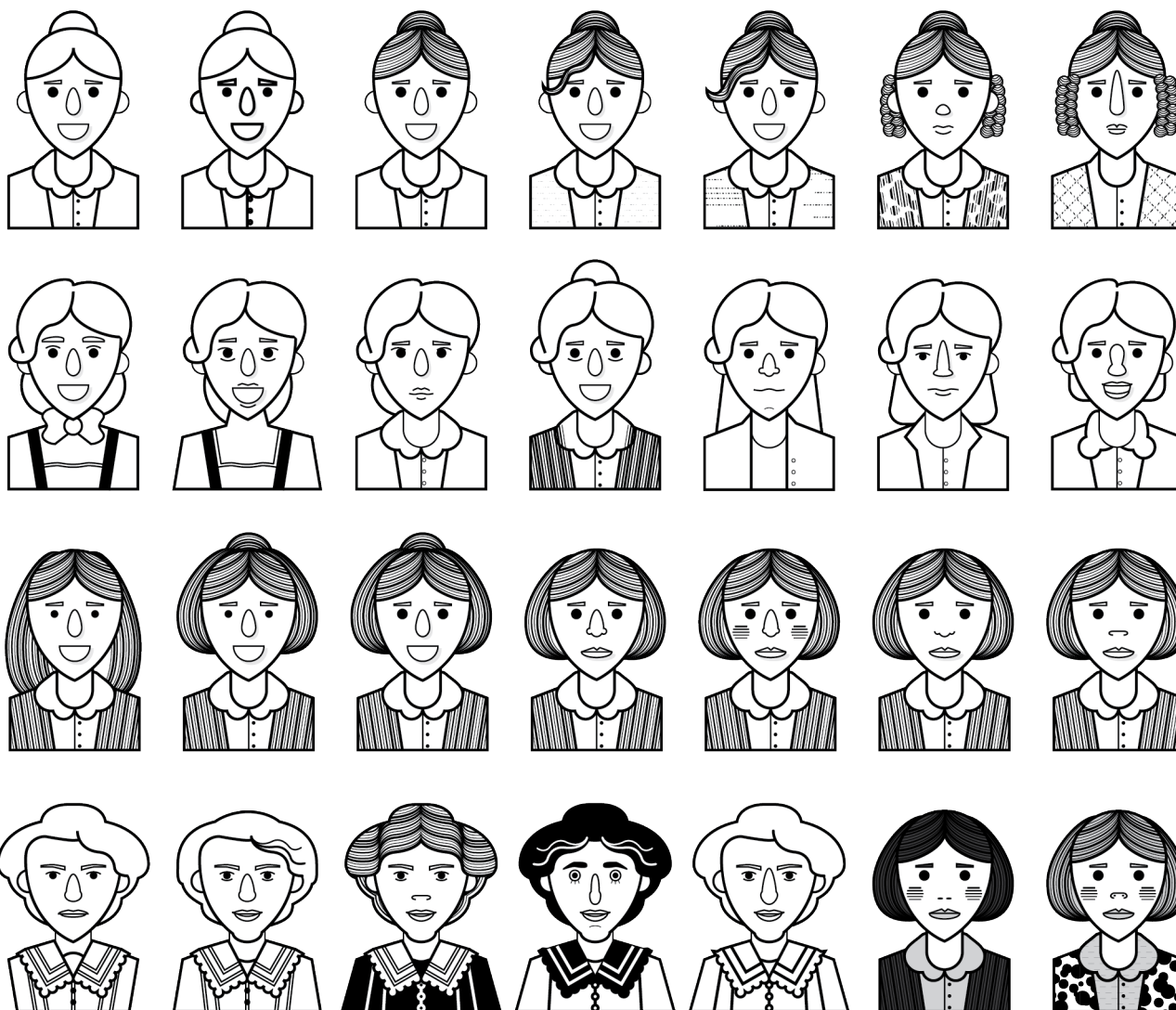
Millburn, J. R. (2017). *Adams of Fleet Street, Instrument Makers to King George III*. Nova Iorque: Routledge

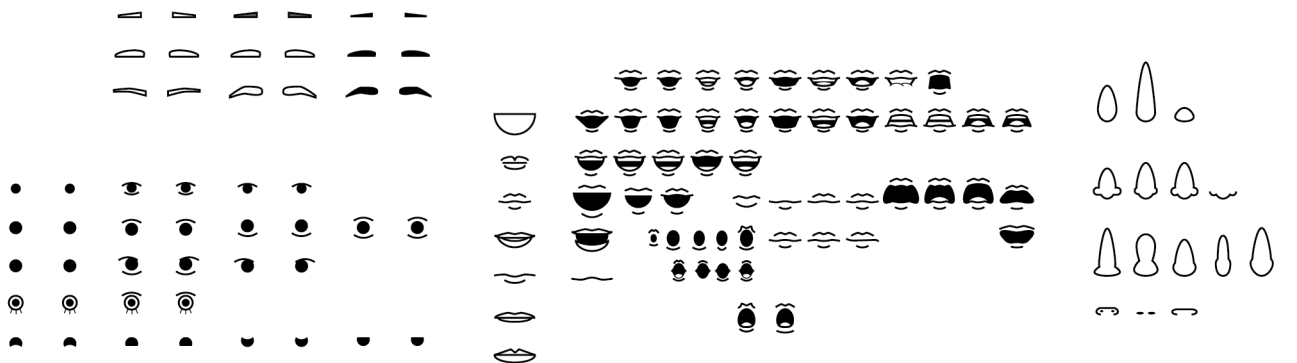
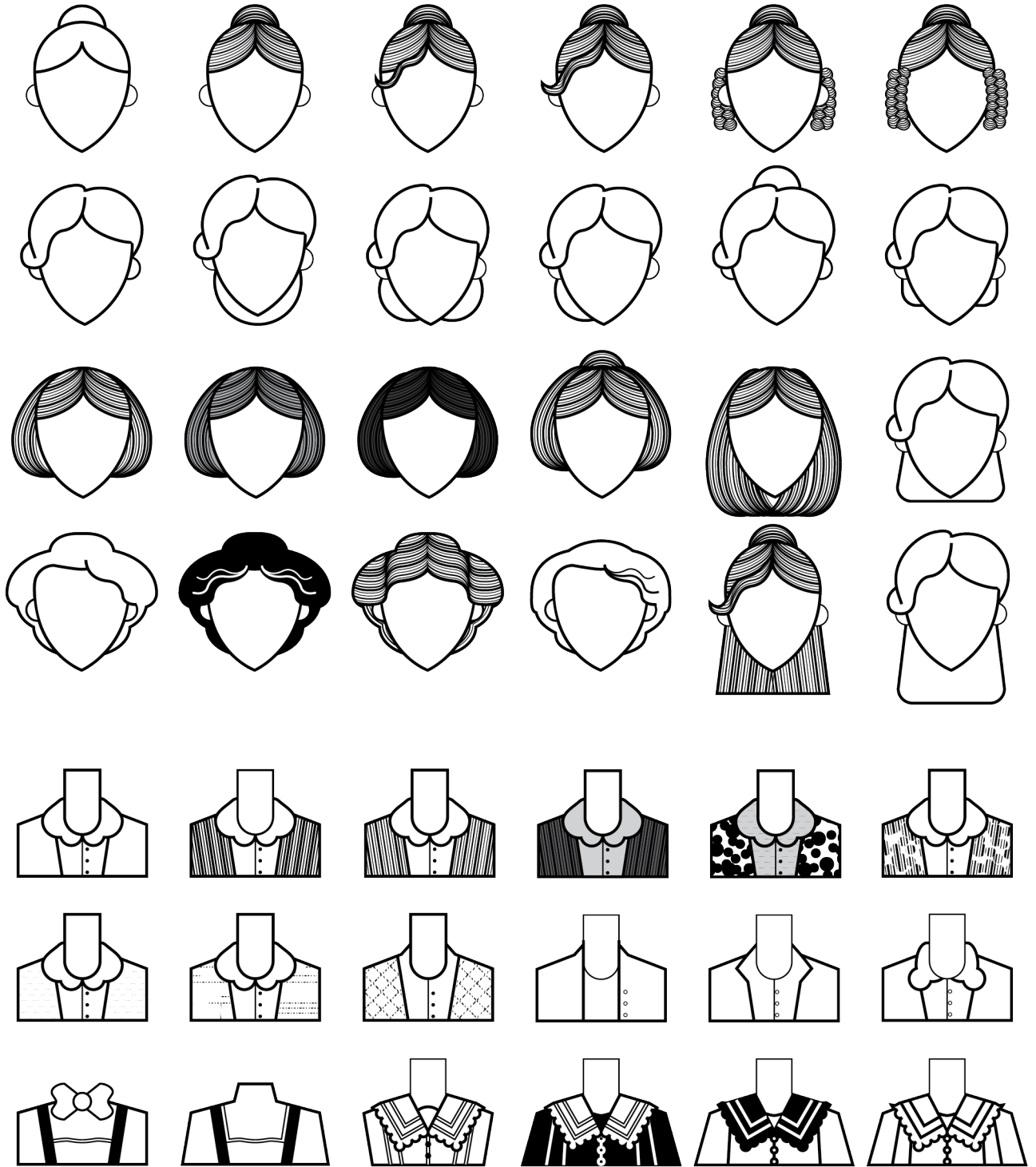
Lacor, R. L. (2015). *The Science Museum of the University of Coimbra: a Playful Experience* (Tese de Mestrado, Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, Portugal)

Ruivo M. da C.(Coordenação) (1997). *O Engenho e a Arte*. Lisboa: Minerva do Comércio

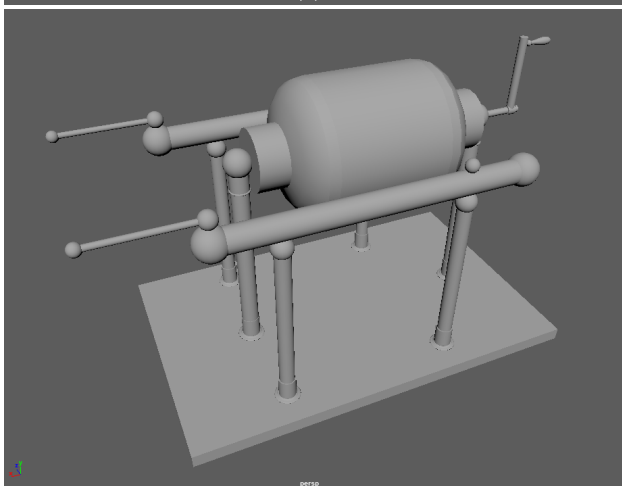
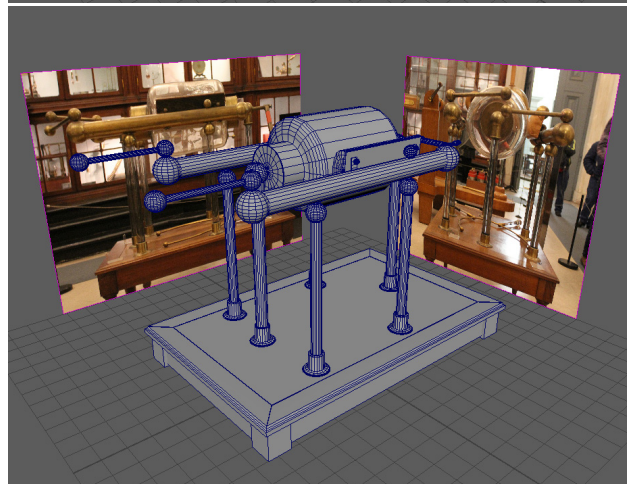
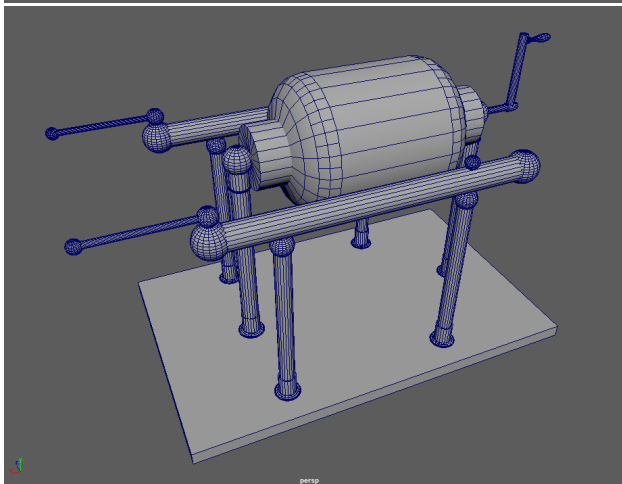
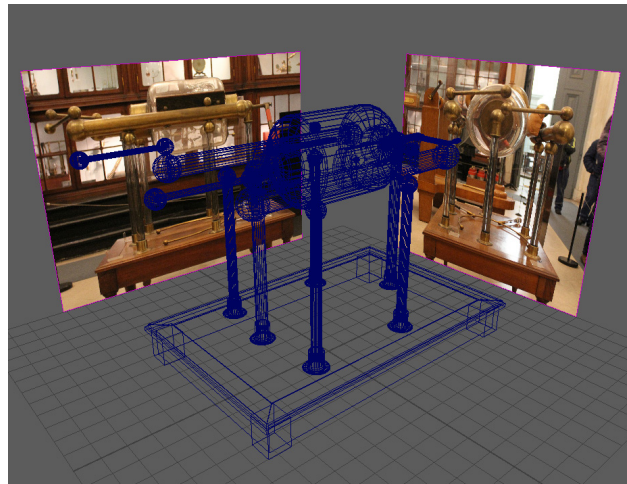
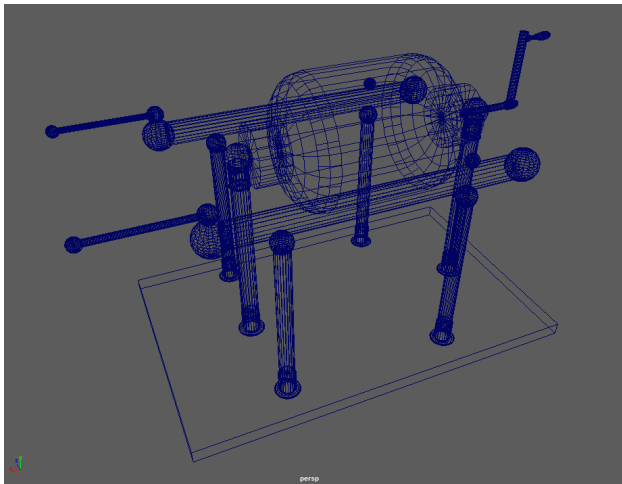
Simões C., Casaleiro P., Mota P. G. (2013). *O Museu da Ciência: Uma Coleção Científica do Século das Luzes in História da Ciência na Universidade de Coimbra*, Fiolhais C., Simões C., Martins D. (Editores). Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra

ANEXO A - ESTUDO DA NARRADORA





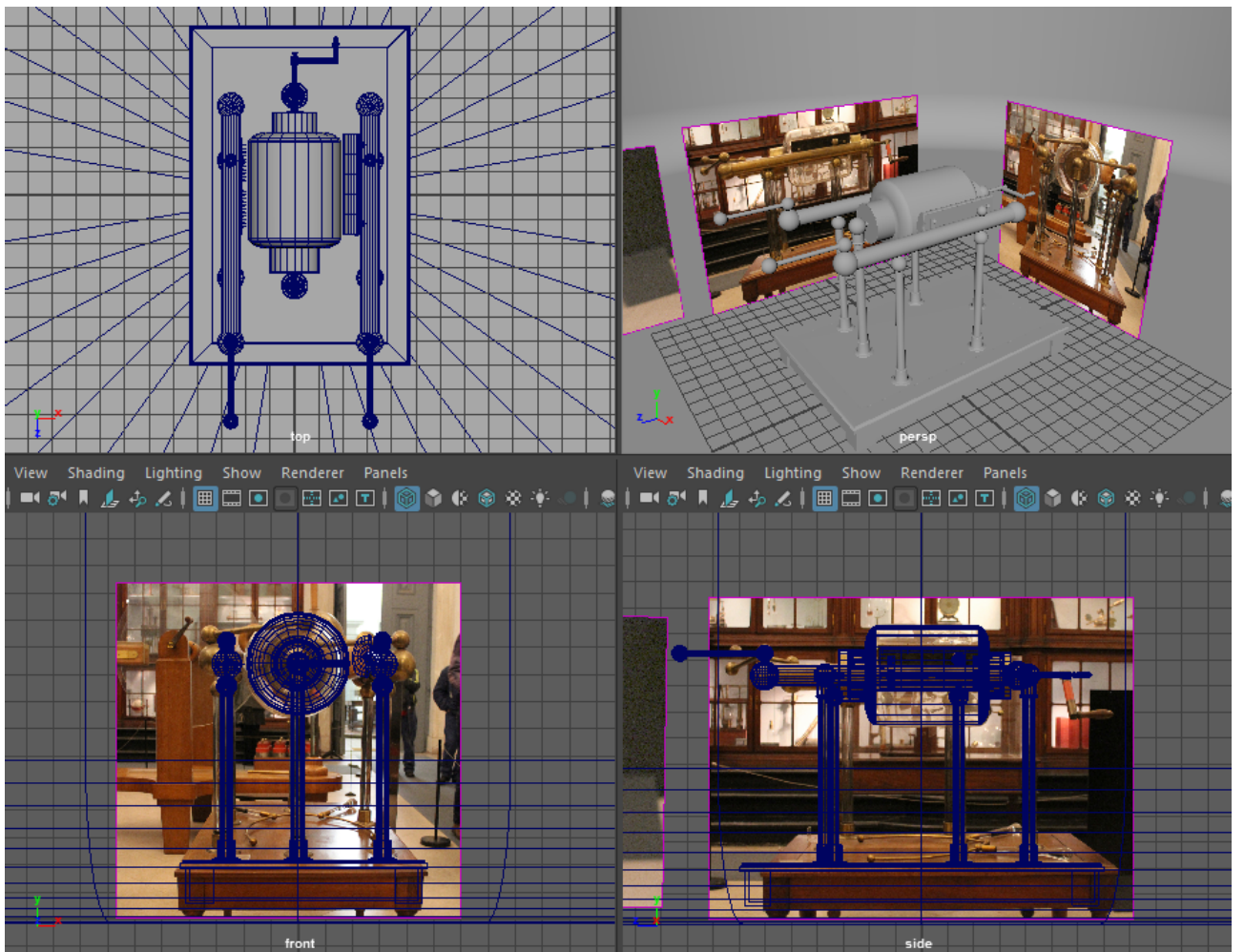
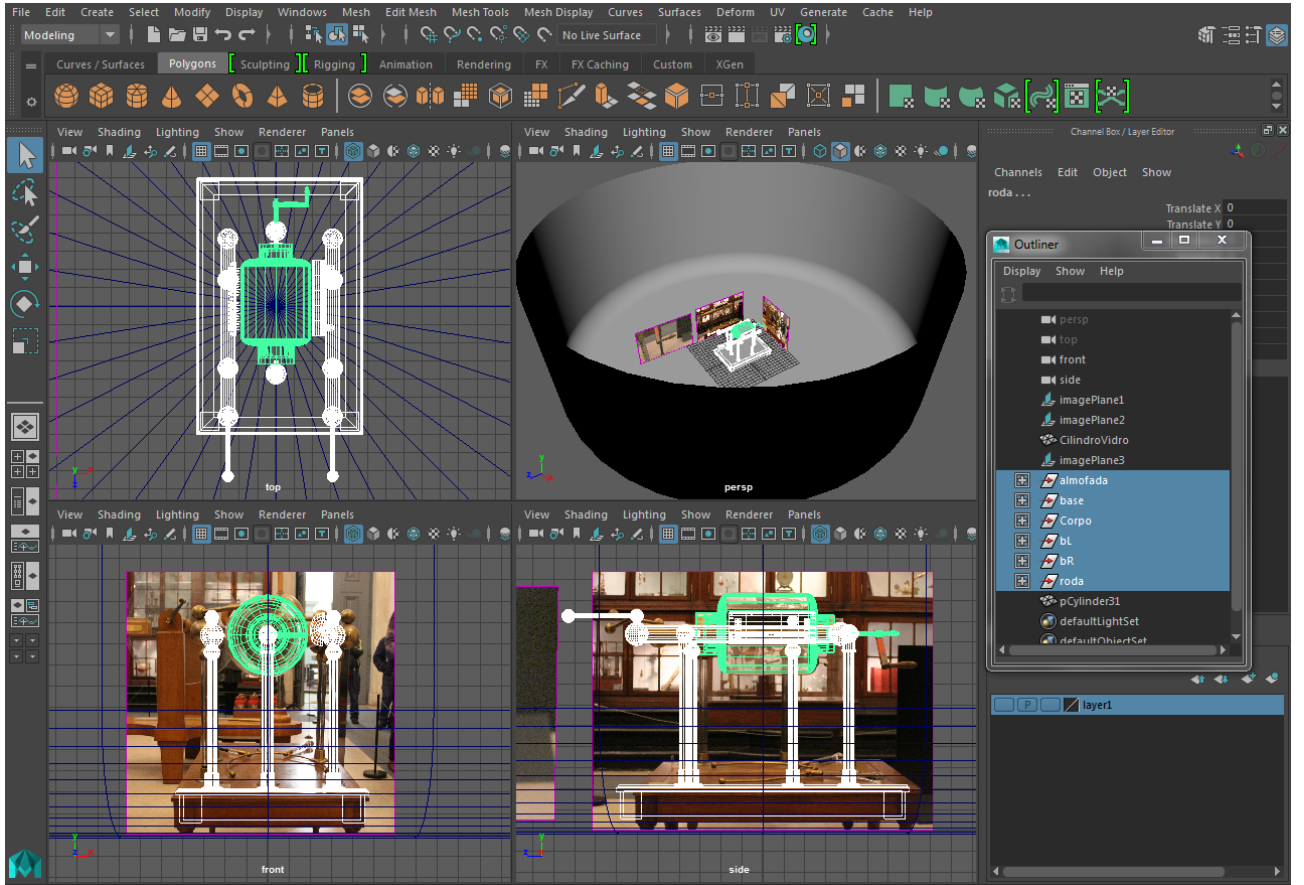
ANEXO B - MODELO TRIDIMENSIONAL DO INSTRUMENTO

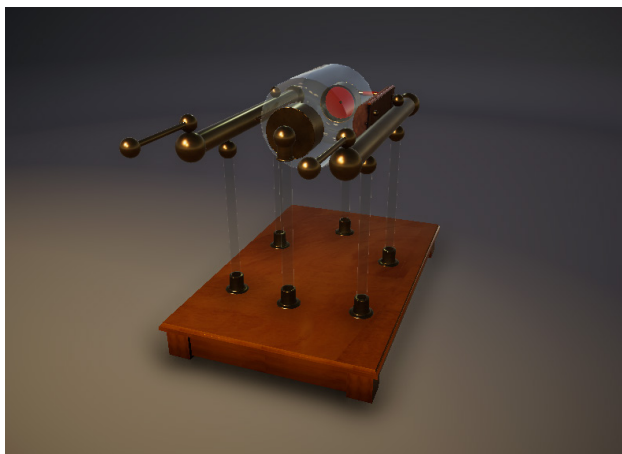
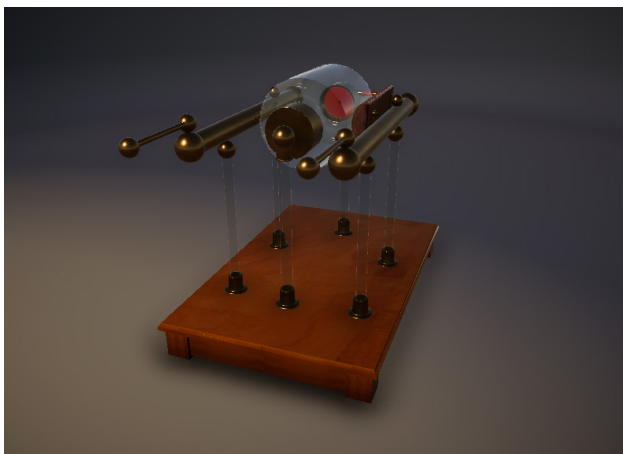
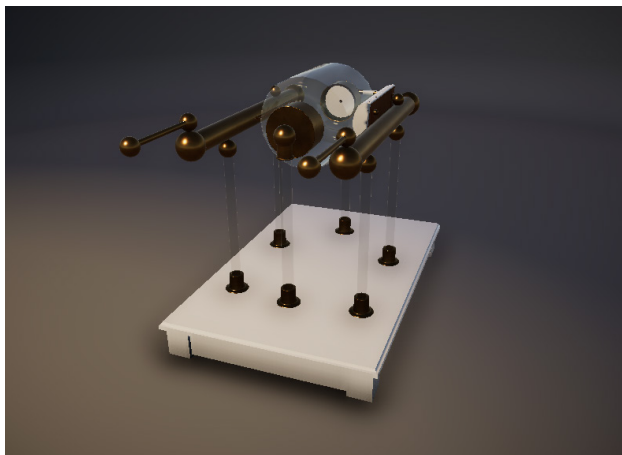
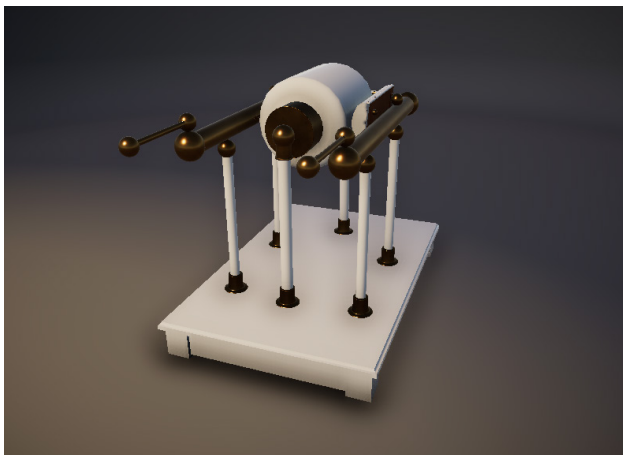
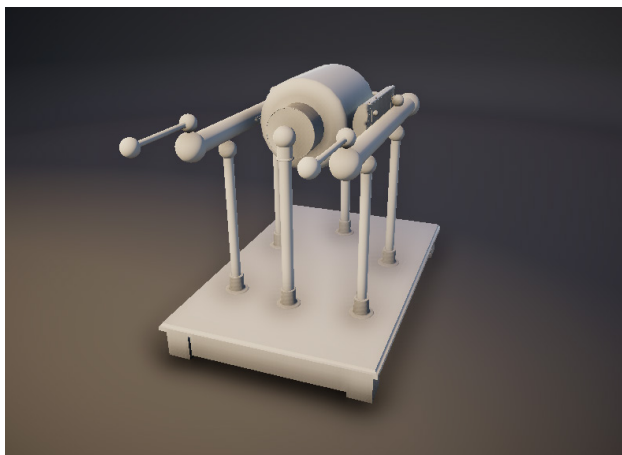
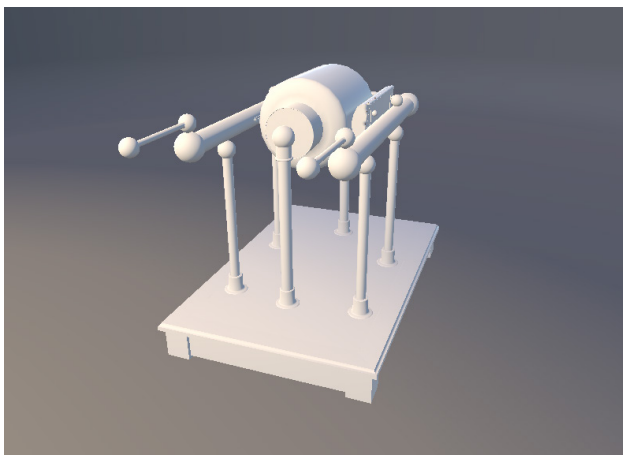
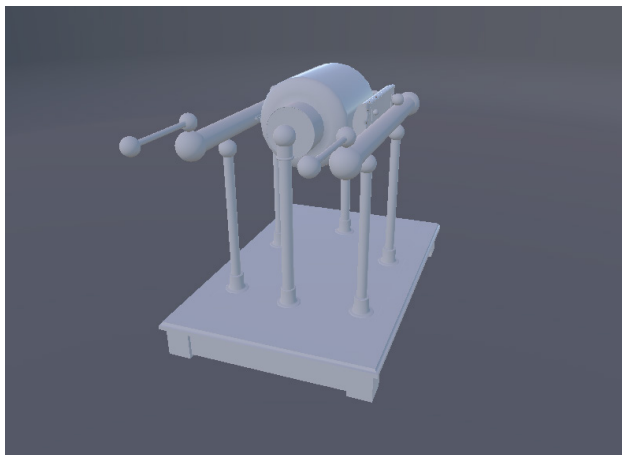
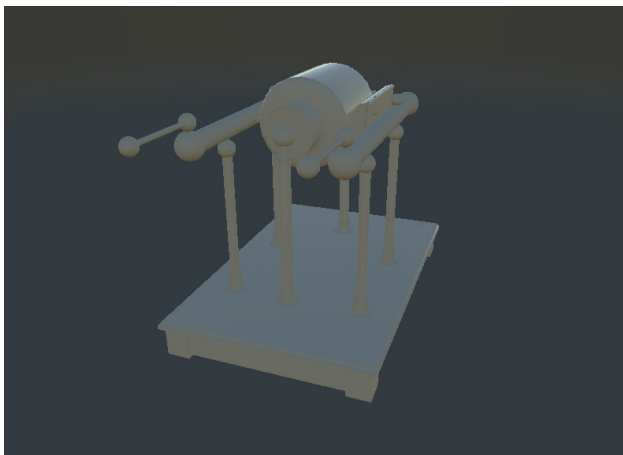


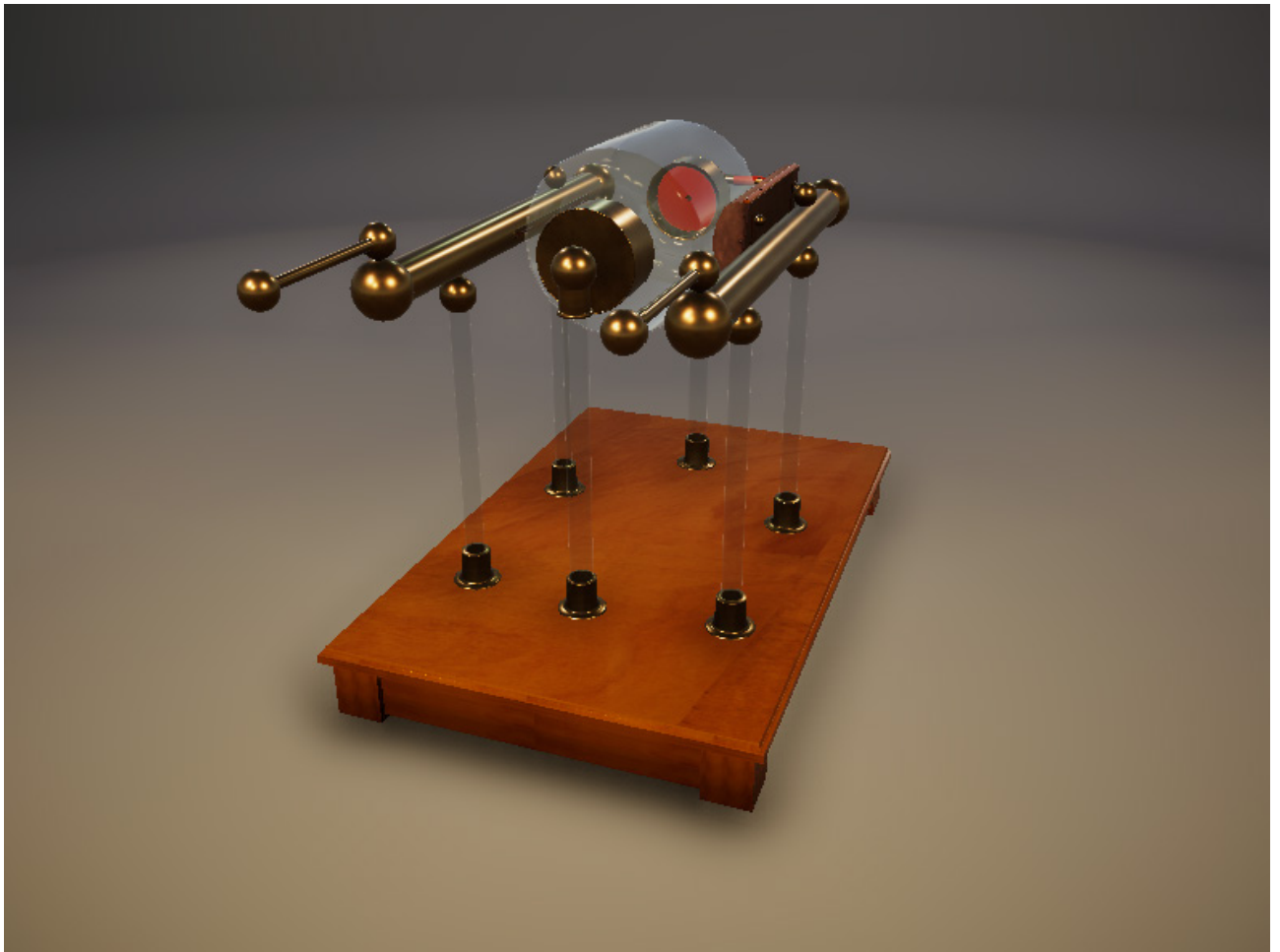
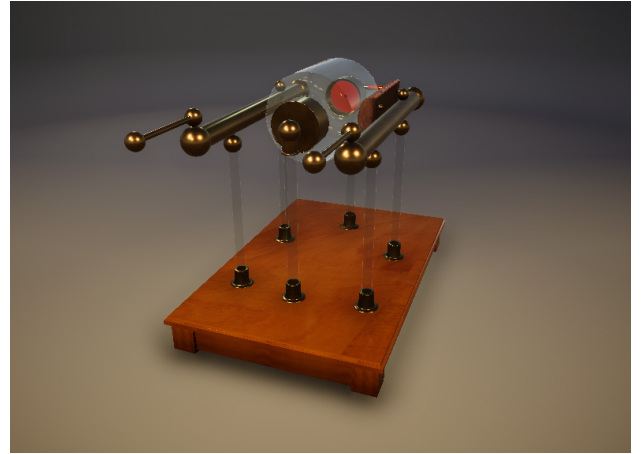
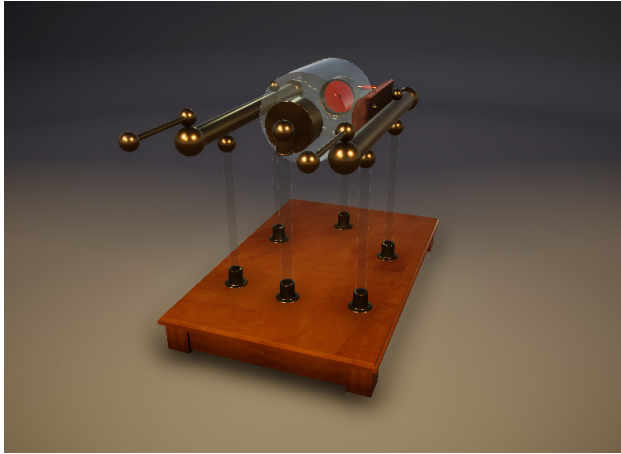
Primeiro modelo simplificado do instrumento, utilizado nos testes de baixa fidelidade e numa pequena animação para testar as possibilidades de animação.

Segundo modelo do instrumento, no qual foram adicionados diferentes detalhes, aproximando a representação do objecto real.

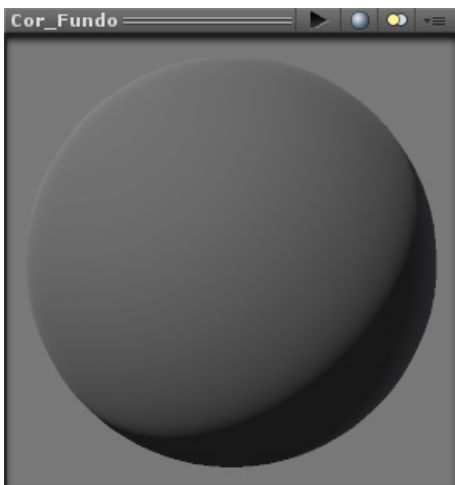
GABINETE DE FÍSICA VIRTUAL



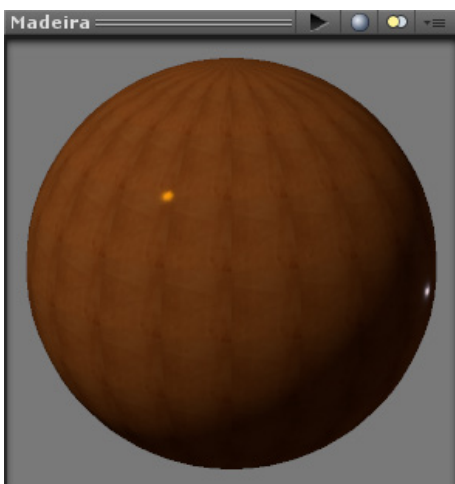




TEXTURAS E MATERIAIS

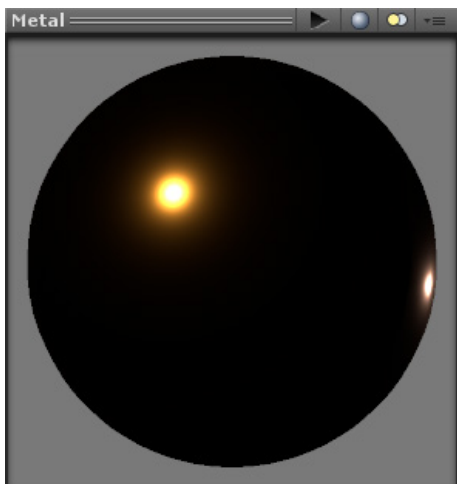


Esta textura foi aplicada no objecto cilíndrico que serve de fundo para a experiência. O cinzento utilizado é RGB 145/145/145

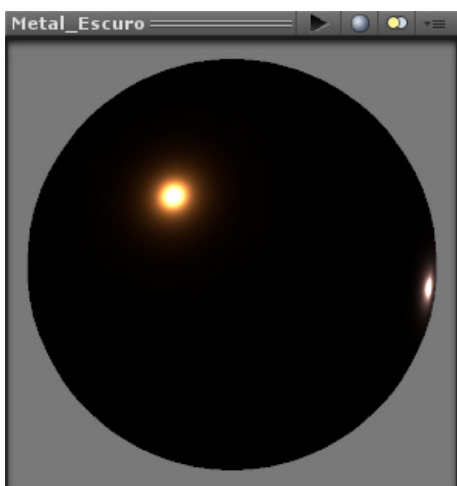


Para a textura da madeira foi utilizada uma imagem com o grão da madeira para simular o efeito real. A coloração foi editada para se assemelhar à madeira utilizada no instrumento. É utilizada na mesa que serve de base do instrumento e no manípulo.

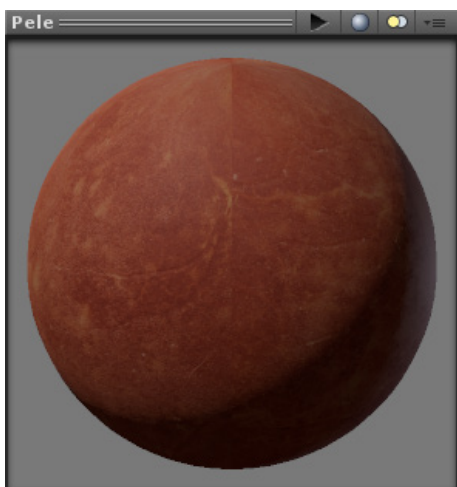
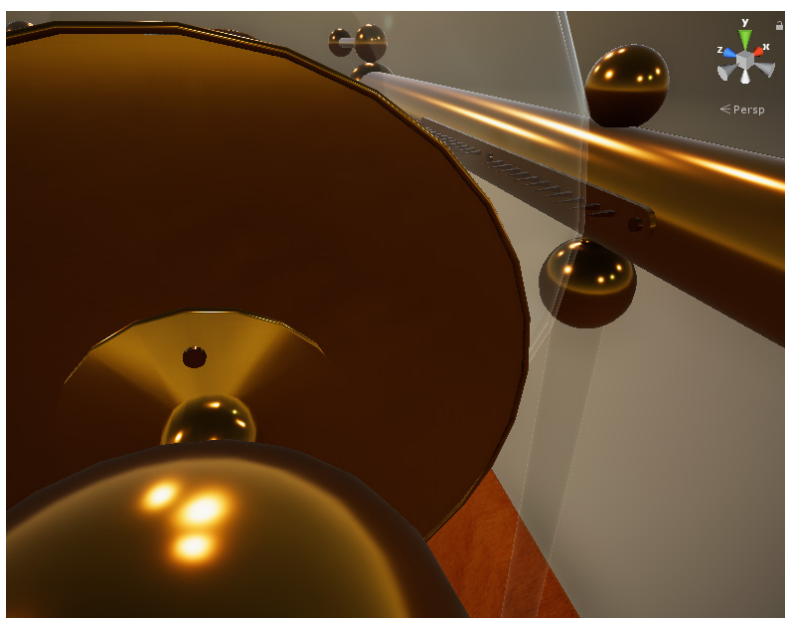




A textura do metal foi criada para se assemelhar ao latão utilizado no instrumento. Apesar de parecer muito escura, esta textura tem um nível de reflexão muito elevado, o que permite capturar diferentes luzes e mostrar a verdadeira cor do metal.

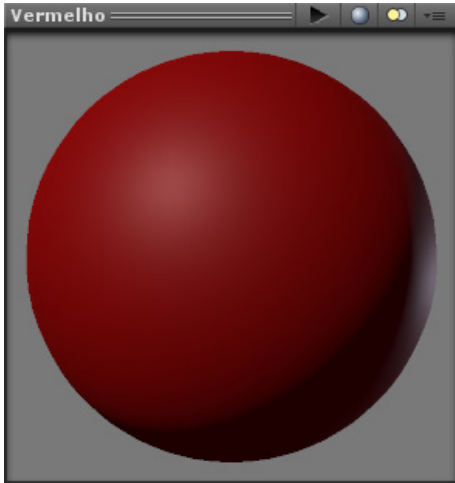


Esta variação da textura metálica serve para pequenos pormenores como parafusos ou os espinhos. O seu tom escurecido serve para simular o desgaste temporal destas componentes.

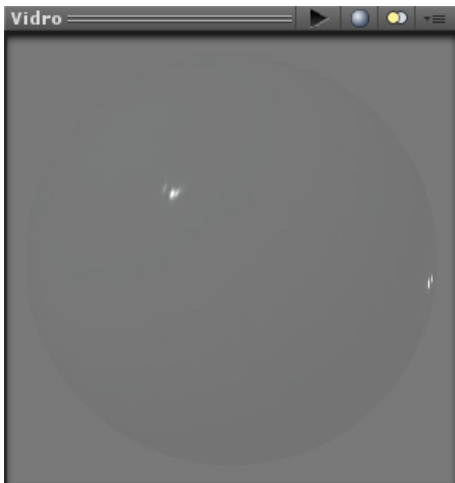
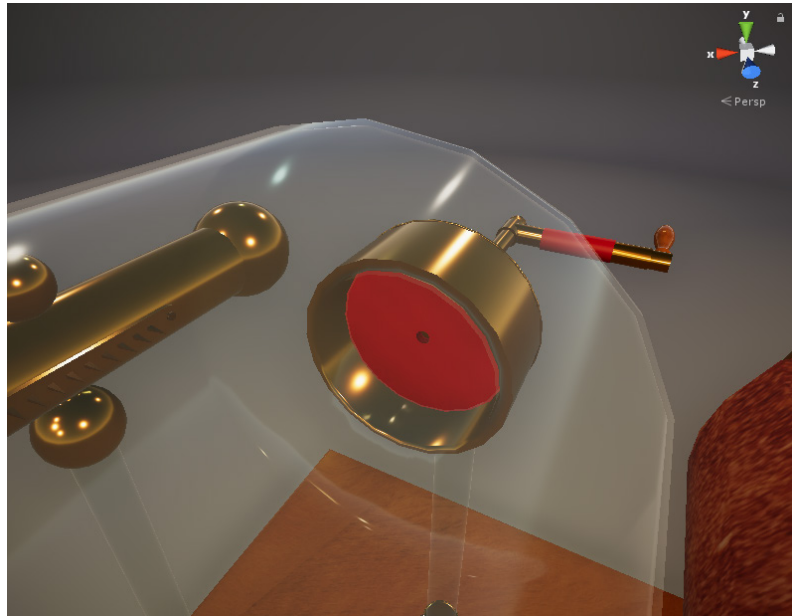


Assim como a textura da madeira, foi utilizada para esta textura uma imagem como para adicionar detalhe realista à almofada de couro. Foi aplicada posteriormente uma coloração rosa-alaranjado para se aproximar do couro do instrumento original.

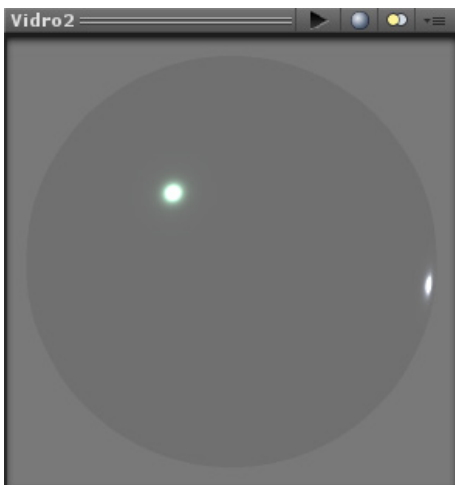
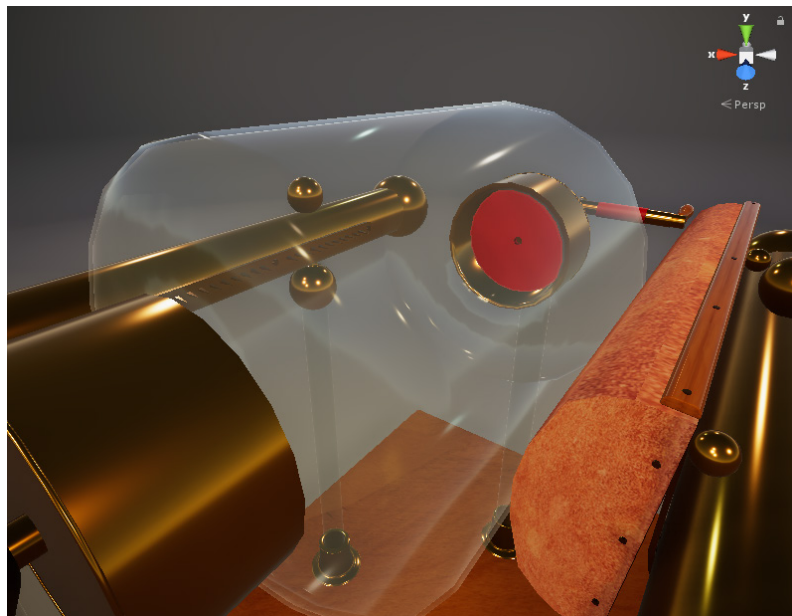




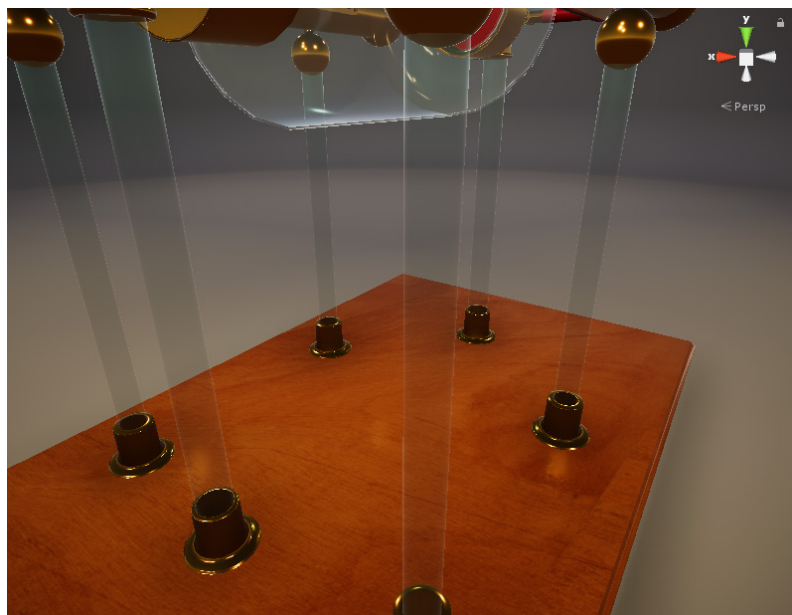
A textura vermelha foi utilizada em detalhes do instrumento como a tira que envolve o braço do manípulo e a peça que prende o interior do cilindro de vidro.



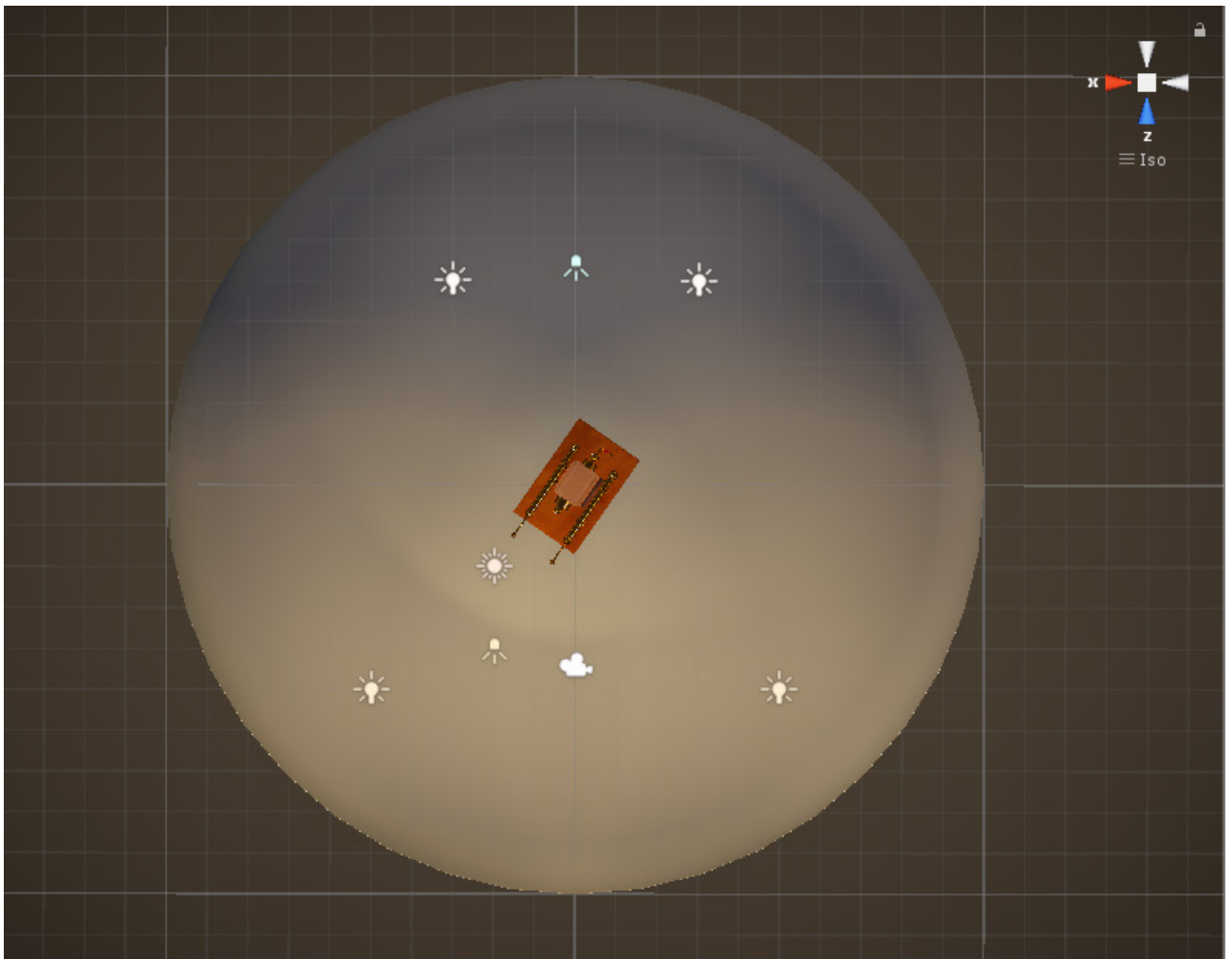
Existe uma certa dificuldade em simular vidro no Unity 3D. Apesar de parecer um vidro muito mais claro que o utilizado nas pernas, este vidro adquire um tom branco porque o cilindro é composto por duas faces que permitem simular a sua espessura. Esta textura tem um bump map que simula irregularidades.



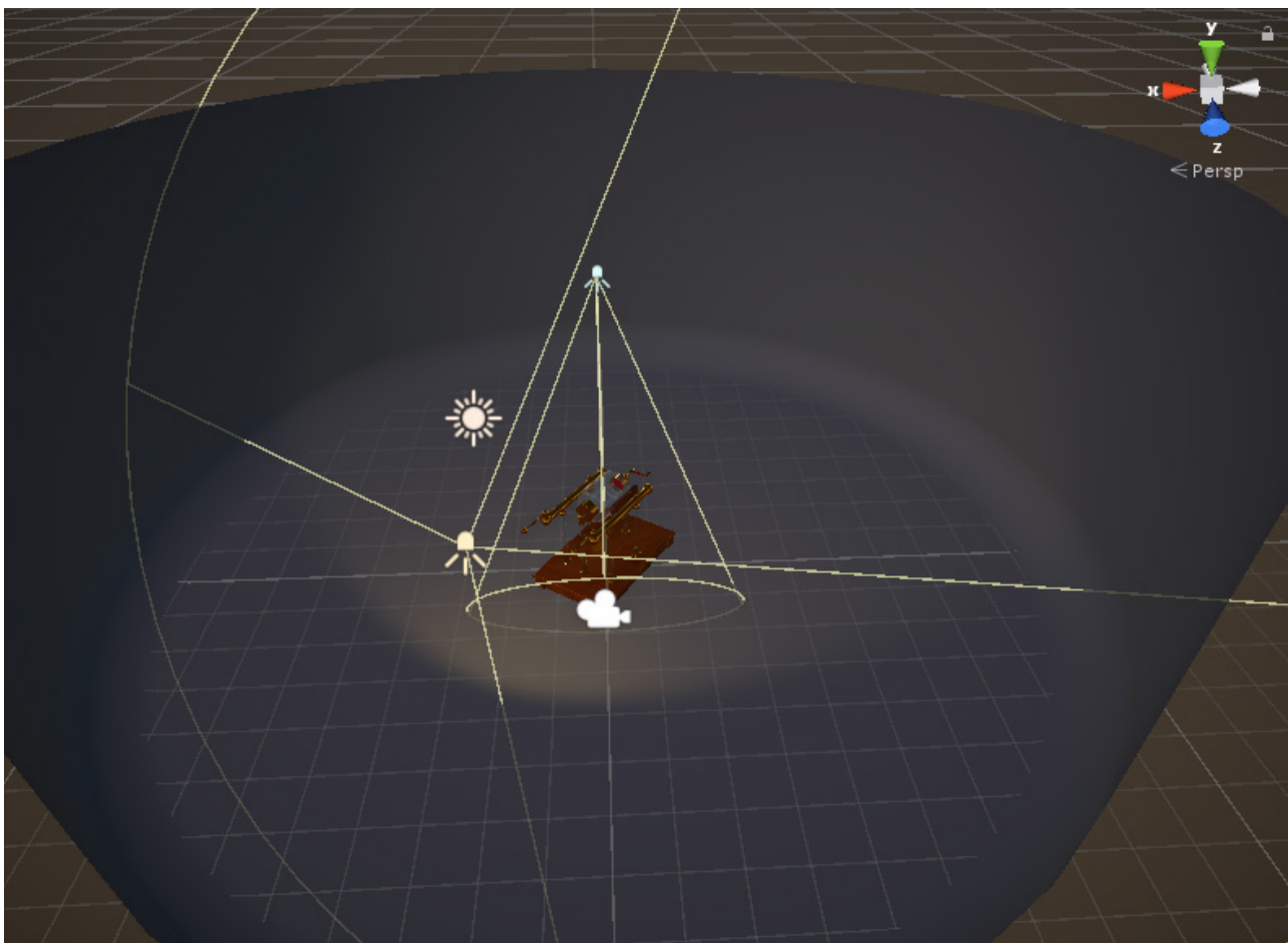
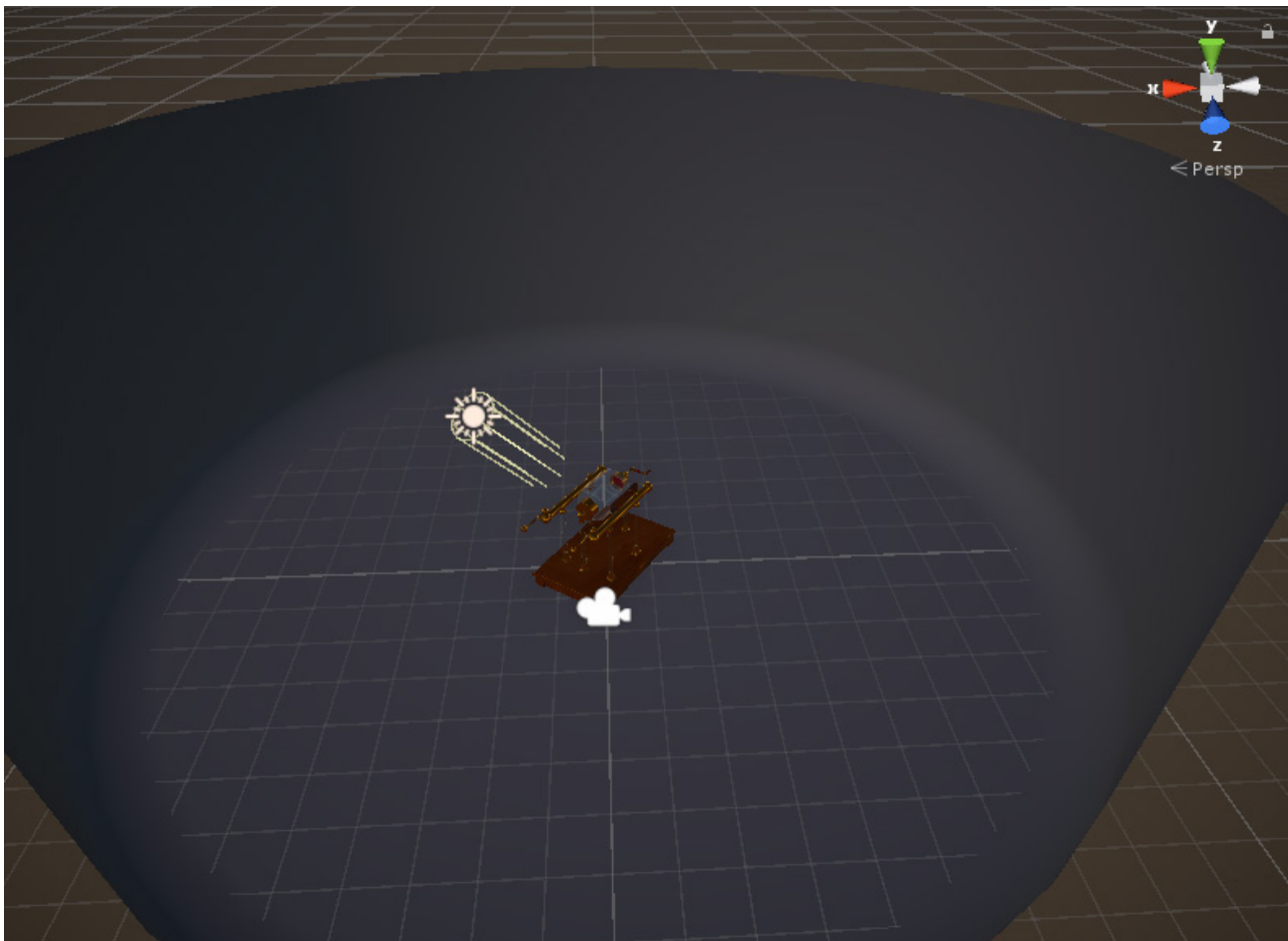
Este vidro tem um tom mais escuro porque as pernas são feitas de um bloco sólido, ao contrário do cilindro oco no qual o outro vidro foi utilizado.

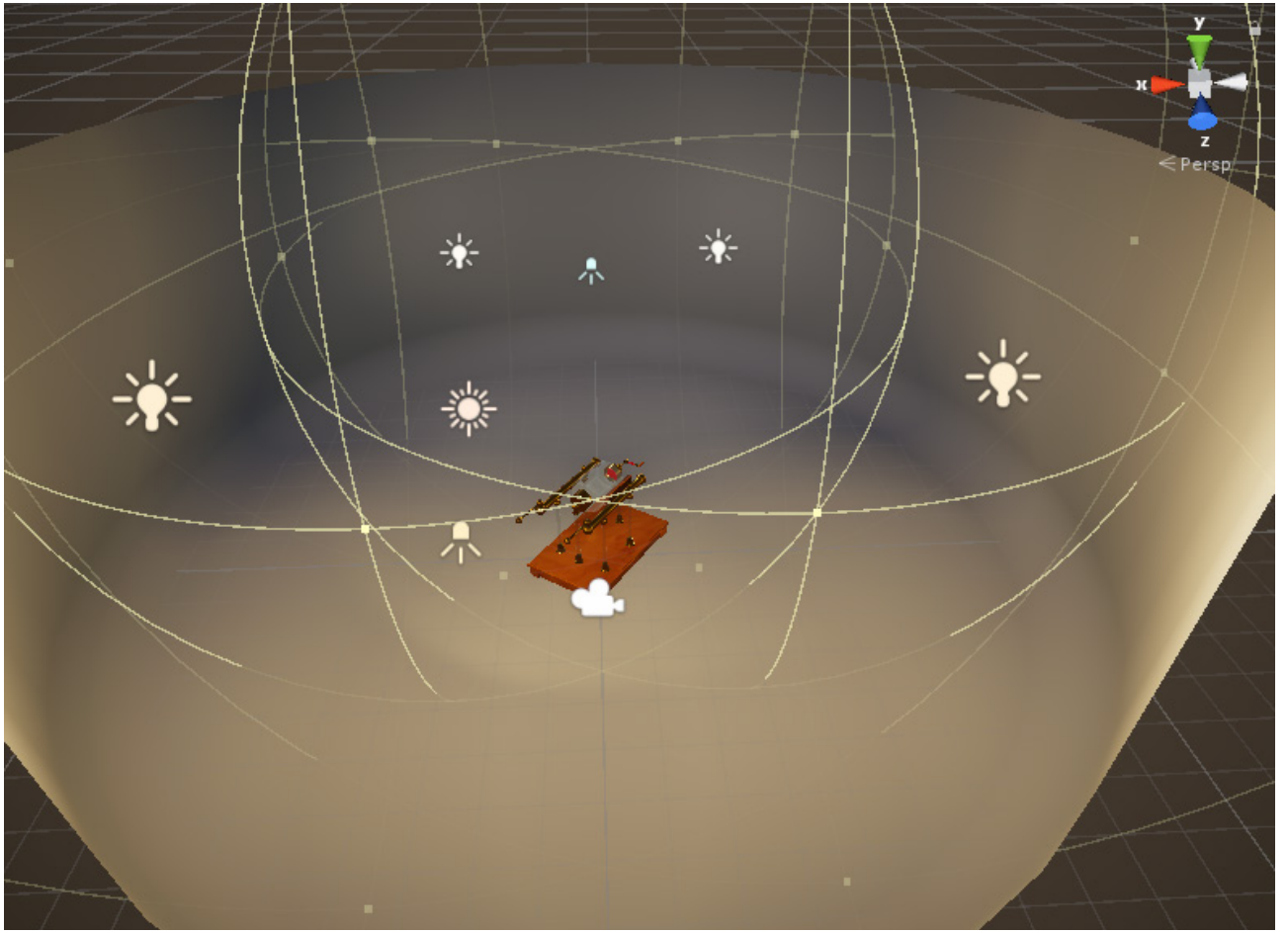


DISPOSIÇÃO DA ILUMINAÇÃO



Vista de topo da cena. O instrumento encontra-se no centro rodeado pelas luzes com a câmara (que representa o ponto de vista do utilizador) à sua frente. O sol representa a luz direccional, os candeeiros representam os dois focos utilizados na iluminação de dois pontos e as lâmpadas representam as luzes de ponto. A coloração deste ponto assemelha-se à cor da luz emitida pelas respectivas fontes de luz.







ANEXO C - ESTUDO DOS ELEMENTOS GRÁFICOS

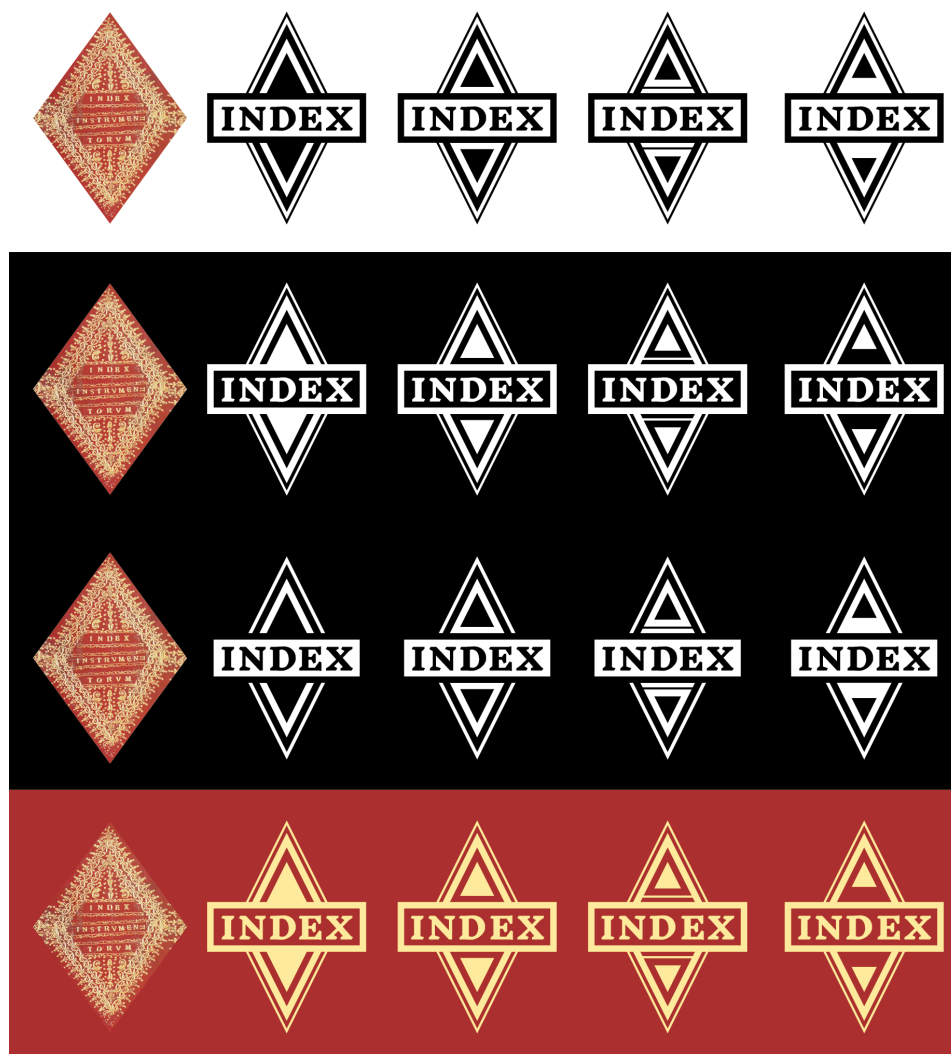
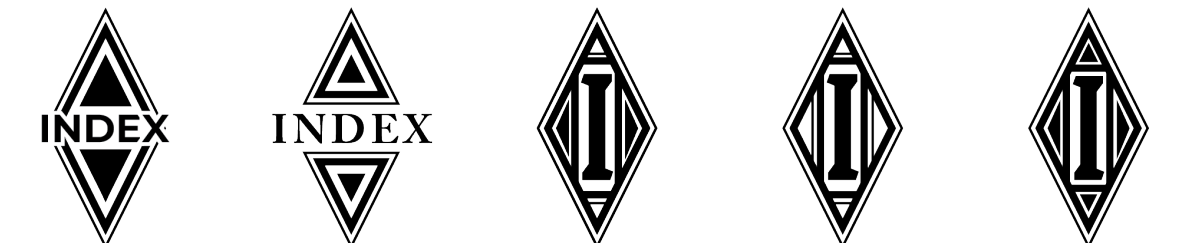
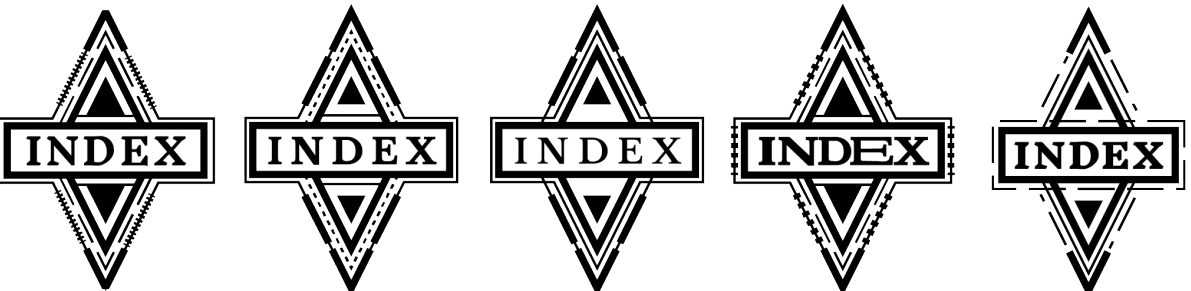
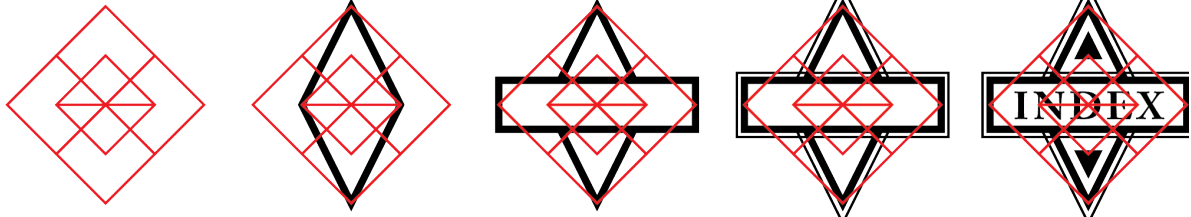


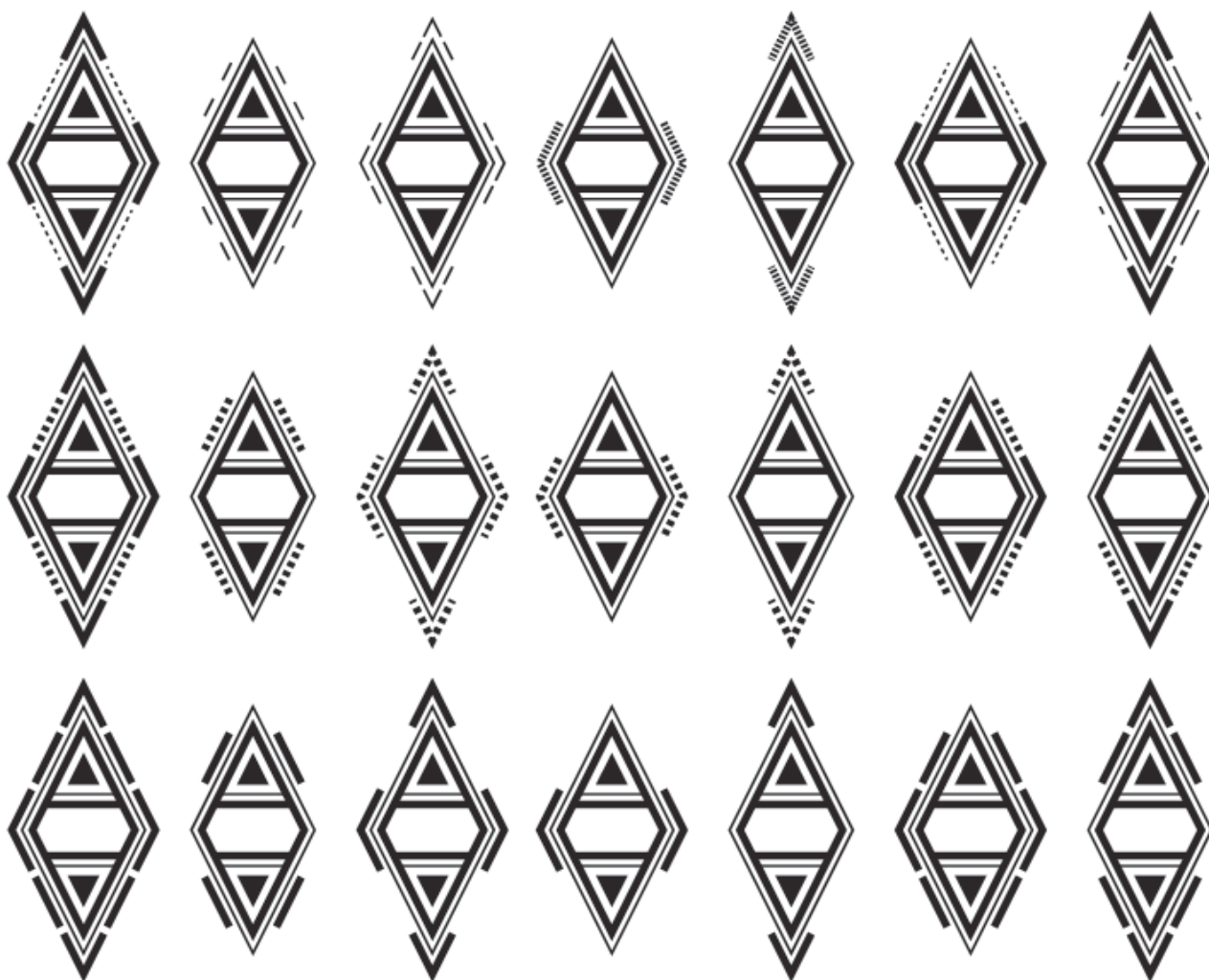
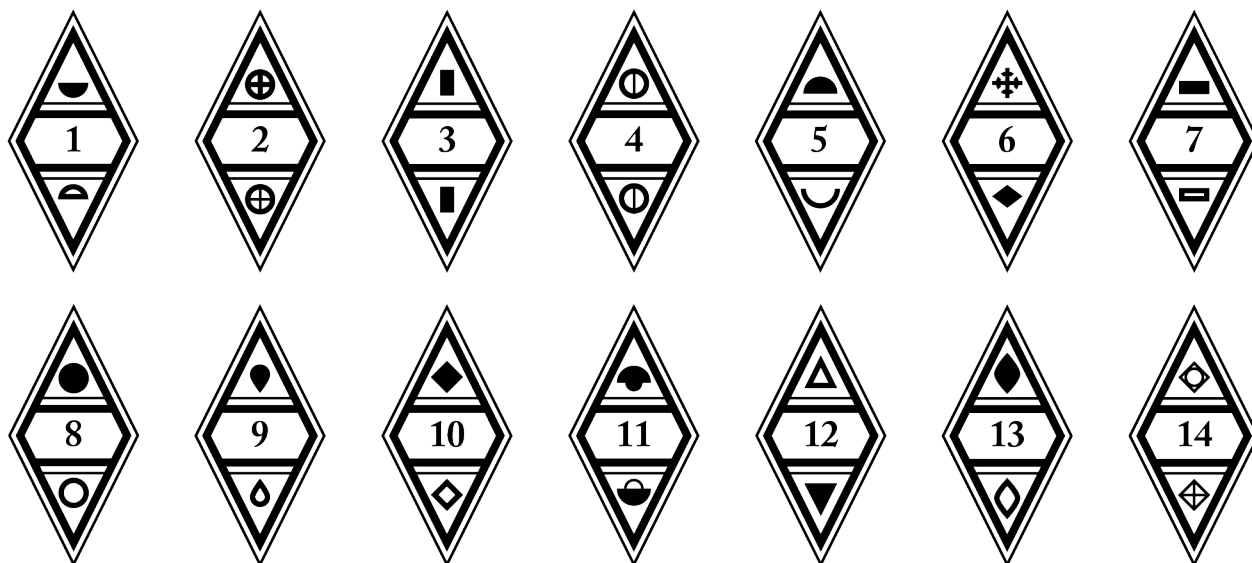
Fig. Testes de composição do logótipo em fundos diferentes e com variações nos elementos triangulares.

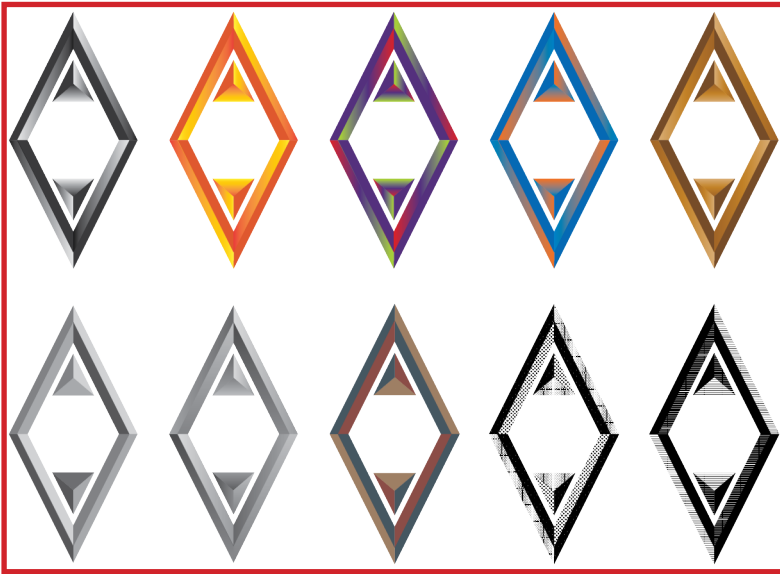


I N D E X

I N D E X

I N D E X





Introdução

- 1 - Olá, eu sou Sapiência, mais conhecida como Minerva ou Atena (Palas Atena), deusa da Sabedoria desde a Grécia antiga, passando pelo Império Romano, e símbolo da Universidade de Coimbra desde 1597(ver ano)
- 2 - Como podes ver estás prestes a visitar o Gabinete de Física! Vou-te acompanhar nesta visita onde vais poder registar vários dos instrumentos expostos e experimentar alguns deles com a minha ajuda e se tudo correr bem aprender um pouco mais sobre a Física Experimental e este belíssimo espaço
- 3 - Existem mais de 300 instrumentos espalhados por estas duas salas e podes registá-los com este dispositivo. Para isso basta apontares a câmara ao instrumento que te interessa!
- 4 - O caderno serve usado como ferramenta de registo da tua visita e vai te ajudar a compreender melhor os vários instrumentos e fazer sentido de algumas informações.
- 5 - Ao registares os vários objectos vais preencher o teu caderno e actualizar informações acerca da temática que escolheres. Se registares instrumentos suficientes será possível realizar uma experiência com um deles.
- 6 - Quando registas um instrumento recibes pistas e dicas acerca da experiência que irás realizar
- 7 - Quanto mais instrumentos registares mais informação terás acerca do tema e dessa forma podes aprender mais e facilitar a realização da experiência final
- 8 - Quando registares todos os instrumentos de um certo tema e realizares a respectiva experiência irás receber uma recompensa adequada a esse tema.
- 9 - Hoje vamos aprender acerca da Electricidade e como podemos gerar carga eléctrica através da Electrostática.

Capítulo Electricidade

- Para iniciar escolhe um tema que gostasses de explorar! Aconselho o tema Electricidade!
- Na Antiguidade, observou-se que o âmbar friccionado exercia atracção sobre corpos leves, mas só em 1600 é que foi publicado um estudo em que era feita a distinção entre electricidade e magnetismo.
- Graças aos seus efeitos espectaculares, a electricidade cativou o público do séc. XVIII, Jean-Antoine Nollet (1700-1770), foi o mais activo propagandista desta moda: as suas Lições de Física Experimental públicas, ilustradas com numerosas experiências electrostáticas luminosas e barulhentas, entusiasmavam vastos auditórios aristocráticos e burgueses.
- Vários contributos teóricos permitiram o desenvolvimento da máquina electrostática

EXPLICAR A ELECTROSTÁTICA

- A electricidade estática ocorre quando um objecto obtém uma quantidade de carga eléctrica positiva ou negativa, criando um desequilíbrio que deseja retornar ao equilíbrio.
- Os órgãos essenciais são um mecanismo de arrastamento, um elemento rotativo de vidro roçando sobre almofadas e produzindo electricidade estática e um colector de carga.
- Tenta encontrar instrumentos que tenham um elemento de vidro e uma estrutura metálica!

Instrumentos**[Máquina de Nairne 1]**

- O globo de vidro roda em torno do seu eixo vertical, accionado por uma manivela enfiada numa caixa metálica. A electrização do globo era obtida por fricção do vidro numa almofada de camurça.

[Máquina de Nairne 2]

- O cilindro de vidro é oco e gira, por meio duma manivela, em torno de um eixo horizontal. Nos extremos do cilindro existem duas peças de madeira que se apoiam em duas colunas verticais de vidro, tendo cada uma delas uma chumaceira de madeira, para fixação do eixo de rotação do cilindro.

[Máquina de Nairne 3]

- Este modelo de máquina electrostática de Nairne teve uma larga difusão em Inglaterra no final do século XVIII.
- É constituído por um cilindro de vidro que roda, por acção de uma manivela, em torno do eixo longitudinal, disposto horizontalmente. O eixo do cilindro encontra-se apoiado por dois suportes de vidro, que servem também de isoladores eléctricos. Dois condutores cilíndricos de latão, isolados e apoiados em duas colunas de vidro, estão colocados um de cada lado do cilindro, paralelamente ao seu eixo, no mesmo plano horizontal.

Experiência

- Deves tentar gerar carga eléctrica e observar os resultados.
- Cuidado com os choques! O metal absorve toda a carga eléctrica.
- Os condutores cilíndricos devem ser ajustados para que seja possível observar um arco eléctrico.
- Podemos verificar que foi gerada carga através da fricção.
- Por vezes a carga em demasia causa efeitos inesperados.
- Com a aproximação dos dois condutores carregados é possível criar um arco eléctrico visível a olho nú.
- Cuidado! Demasiada carga! Quase que deste um choque a toda a gente no Gabinete de Física
- Pelos vistos a carga que geraste não é suficiente para obter resultados relevantes, ou pelo menos visíveis.

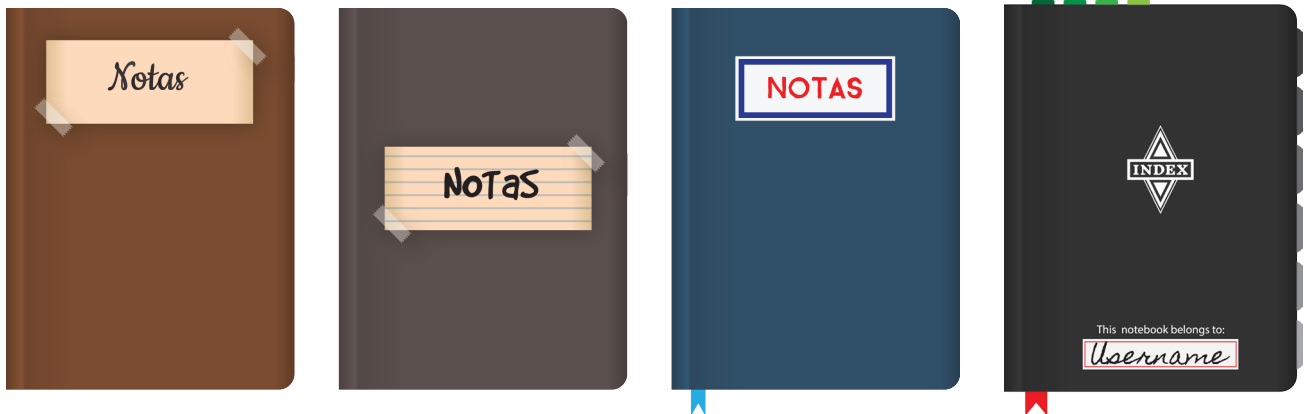
Conclusão

- Parabéns! Conseguiste explorar todos os resultados possíveis com este instrumento e assim terminar a lição sobre Electricidade

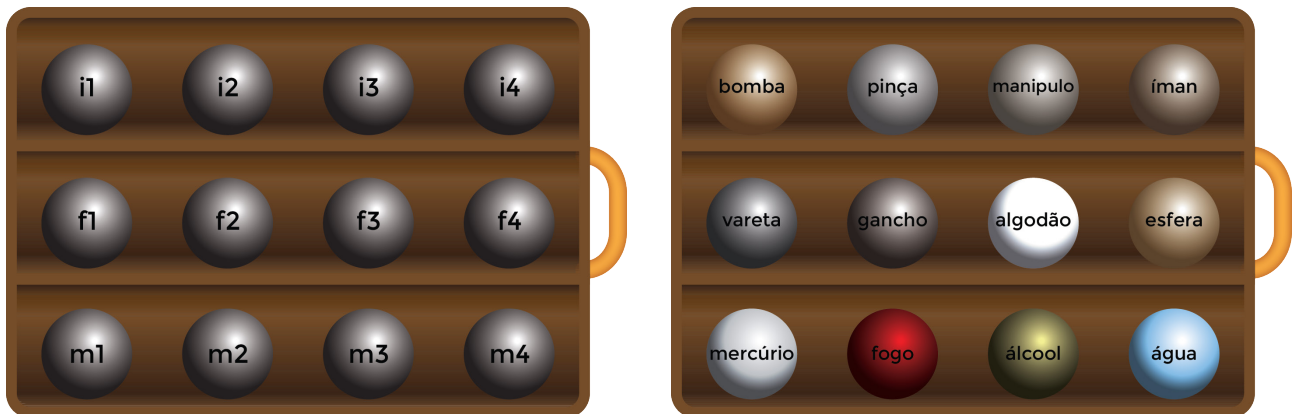
ANEXO E - RECURSOS PARA DIFERENTES ABORDAGENS



Esboços para aspecto do Index Instrumentorum baseados na capa (Fig.7). Pretende realizar o objectivo para que foi criado originalmente, catalogar e descrever os Instrumentos.



Esboços do Caderno. A ideia para a criação deste elemento partiu da secção de descrição das tarefas da fase anterior, permite ver o histórico de acções e recolher notas acerca da experiência



Cada esfera simboliza o local para uma ferramenta que podem ser muitos distintas como a bomba de compressão, mercúrio ou até fogo. Algumas ferramentas poderiam ser utilizadas em mais que uma experiência. O Armário iria conter um grande número de ferramentas e poderia ser accedido através do puxador, deslizando-o da esquerda para a direita. Para retirar uma ferramenta desta gaveta bastaria arrastá-la para junto do Instrumento.

Electricidade
MÁQUINA ELÉCTRICA DE NAIRNE

CONSTRUTOR: Edward Nairne
MATERIAIS: Vidro, latão, couro e madeira
DIMENSÕES: 120 x 66 x 124 cm
ANO: Desconhecido

• É constituída por cilindro de vidro disposto horizontalmente com uma manivela metálica com manípulo de madeira numa das suas extremidades o que permite a rotação do cilindro sobre o seu eixo longitudinal.

• Num dos lados existe uma almofada de camurça para recolher carga gerada pelo vidro enquanto no lado oposto há um conjunto de pontas aguçadas afastadas do vidro mas orientadas na sua direcção



Vários contributos teóricos permitiram o desenvolvimento da máquina electrostática cujos órgãos essenciais são um mecanismo de arrastamento, um elemento rotativo de vidro roçando sobre almofadas e produzindo electricidade estática e um colector de carga.

INSTRUÇÕES:
1º Ajustar os condutores articulados.
2º Rodar o manípulo.
3º Gerar carga eléctrica.
4º Observar os Resultados.

Electricidade
MÁQUINA ELÉCTRICA DE NAIRNE

CONSTRUTOR: Edward Nairne
MATERIAIS: Vidro, latão, couro e madeira
DIMENSÕES: 120 x 66 x 124 cm
ANO: Desconhecido

• É constituída por cilindro de vidro disposto horizontalmente com uma manivela metálica com manípulo de madeira numa das suas extremidades o que permite a rotação do cilindro sobre o seu eixo longitudinal.

• Num dos lados existe uma almofada de camurça para recolher carga gerada pelo vidro enquanto no lado oposto há um conjunto de pontas aguçadas afastadas do vidro mas orientadas na sua direcção



Vários contributos teóricos permitiram o desenvolvimento da máquina electrostática cujos órgãos essenciais são um mecanismo de arrastamento, um elemento rotativo de vidro roçando sobre almofadas e produzindo electricidade estática e um colector de carga.

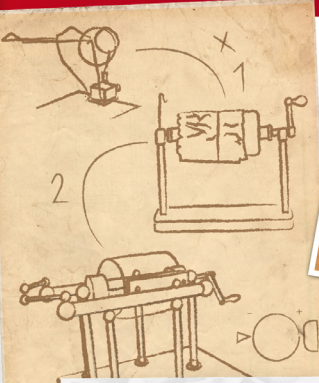
INSTRUÇÕES:
1º Ajustar os condutores articulados.
2º Rodar o manípulo.
3º Gerar carga eléctrica.
4º Observar os Resultados.

Electricidade
MÁQUINA ELÉCTRICA DE NAIRNE

CONSTRUTOR: Edward Nairne
MATERIAIS: Vidro, latão, couro e madeira
DIMENSÕES: 120 x 66 x 124 cm
ANO: Desconhecido

• É constituída por cilindro de vidro disposto horizontalmente com uma manivela metálica com manípulo de madeira numa das suas extremidades o que permite a rotação do cilindro sobre o seu eixo longitudinal.

• Num dos lados existe uma almofada de camurça para recolher carga gerada pelo vidro enquanto no lado oposto há um conjunto de pontas aguçadas afastadas do vidro mas orientadas na sua direcção

Vários contributos teóricos permitiram o desenvolvimento da máquina electrostática cujos órgãos essenciais são um mecanismo de arrastamento, um elemento rotativo de vidro roçando sobre almofadas e produzindo electricidade estática e um colector de carga.

INSTRUÇÕES:
1º Ajustar os condutores articulados.
2º Rodar o manípulo.
3º Gerar carga eléctrica.
4º Observar os Resultados.

Esboço de três fases distintas do caderno a ser completado com informações colecionadas durante a visita ao registar instrumentos relacionados (FALTA EXPORTAR FASES DIFERENTES)

ANEXO F - RECURSOS PARA TESTE DE BAIXA FIDELIDADE

Construtor: Edward Nairne
Materiais: Vidro, latão, ferro, madeira e camurça
 • O globo de vidro roda em torno do seu eixo vertical, accionado por uma manivela enfiada numa caixa metálica.
 • A electrização do globo era obtida por fricção do vidro numa almofada de camurça.

Construtor: Edward Nairne
Materiais: Vidro, latão, ferro, madeira e camurça
 • O globo de vidro roda em torno do seu eixo vertical, accionado por uma manivela enfiada numa caixa metálica.
 • A electrização do globo era obtida por fricção do vidro numa almofada de camurça.

Construtor: Edward Nairne
Materiais: Vidro, latão, couro e madeira
 • É constituída por cilindro de vidro disposto horizontalmente com uma manivela metálica com manípulo de madeira numa das suas extremidades o que permite a rotação do cilindro sobre o seu eixo longitudinal.
 • Num dos lados existe uma almofada de camurça para recolher carga gerada pelo vidro enquanto no lado oposto há um conjunto de pontas aguçadas afastadas do vidro mas orientadas na sua direcção

Instruções:
 1º Ajustar os condutores articulados
 2º Rodar o manípulo
 3º Gerar carga
 4º Observar os Resultados

Dica:
 O nível de carga eléctrica influencia o resultado da experiência

Construtor: Edward Nairne
Materiais: Vidro, folha de estanho e madeira
 • O cilindro é oco e gira, por meio duma manivela, em torno de um eixo horizontal.
 • Nos extremos do cilindro existem duas peças de madeira que se apoiam em duas colunas verticais de vidro, e servem para fixação do eixo de rotação do cilindro.

Construtor: Edward Nairne
Materiais: Vidro, folha de estanho e madeira
 • O cilindro é oco e gira, por meio duma manivela, em torno de um eixo horizontal.
 • Nos extremos do cilindro existem duas peças de madeira que se apoiam em duas colunas verticais de vidro, e servem para fixação do eixo de rotação do cilindro.

RESULTADOS



- ⚙️ A carga gerada foi pouca e não se verificou qualquer resultado
- ⚙️ A carga gerada foi suficiente para gerar um arco eléctrico devido à proximidade dos manípulos
- ⚙️ A carga gerada foi em demasia e causou uma descarga na sala inteira

Máquina Electrostática de Globo de Vidro de Nairne

Construtor: Edward Nairne
Materiais: Vidro, latão, ferro, madeira e camurça
Dimensões: 44 x 19,4 x 27 cm
Ano: Desconhecido

Máquina eléctrica de Nairne

Construtor: Edward Nairne
Materiais: Vidro, folha de estanho e madeira
Dimensões: 53,8 x 24,5 x 63 cm
Ano: 1772

Máquina eléctrica de Nairne

Construtor: Edward Nairne
Materiais: Vidro, latão, couro e madeira
Dimensões: 120 x 66 x 124 cm
Ano: Desconhecido

Olá, eu sou o Professor! Bemvindo ao **Gabinete de Física Virtual**. Sou eu quem te vai ajudar durante estava visita. Se estás preparado podes virar a página!

Para iniciar escolhe um tema que gostasses de explorar!
 Aconselho o tema **Electricidade!**

Na Antiguidade, observou-se que o âmbar friccionado exercia atracção sobre corpos leves, mas só em 1600 é que foi publicado um estudoem que era feita a distinção entre electricidade e magnetismo.

Graças aos seus efeitos espectaculares, a electricidade cativou o público do séc. XVIII, Jean-Antoine Nollet (1700-1770), foi o mais activo propagandista desta moda: as suas Lições de Física Experimental públicas, ilustradas com numerosas experiências electrostáticas luminosas e barulhentas, entusiasmavam vastos auditórios aristocráticos e burgueses.

Vários contributos teóricos permitiram o desenvolvimento da máquina electrostática cujos órgãos essenciais são um mecanismo de arrastamento, um elemento rotativo de vidro roçando sobre almofadas e produzindo electricidade estática e um colector de carga.

Tenta encontrar instrumentos que tenham um elemento de vidro e uma estrutra metálica!

O globo de vidro roda em torno do seu eixo vertical, accionado por uma manivela enfiada numa caixa metálica. A electrização do globo era obtida por fricção do vidro numa almofada de camurça.

O cilindro de vidro é oco e gira, por meio duma manivela, em torno de um eixo horizontal. Nos extremos do cilindro existem duas peças de madeira que se apoiam em duas colunas verticais de vidro, tendo cada uma delas uma chumaceira de madeira, para fixação do eixo de rotação do cilindro.

Este modelo de máquina electrostática de Nairne teve uma larga difusão em Inglaterra no final do século XVIII.

É constituído por um cilindro de vidro que roda, por acção de uma manivela, em torno do eixo longitudinal, disposto horizontalmente. O eixo do cilindro encontra-se apoiado por dois suportes de vidro, que servem também de isoladores eléctricos. Dois condutores cilíndricos de latão, isolados e apoiados em duas colunas de vidro, estão colocados um de cada lado do cilindro, paralelamente ao seu eixo, no mesmo plano horizontal.

Deves tentar gerar carga eléctrica e observar os resultados. Cuidado com os choques! O metal absorve toda a carga eléctrica.

Os condutores cilíndricos devem ser ajustados para que seja possível observar um arco eléctrico.

Podemos verificar que foi gerada carga através da fricção. Por vezes a carga em demasia causa efeitos inesperados.

Com a aproximação dos dois condutores carregados é possível criar um arco eléctrico visível a olho nu.

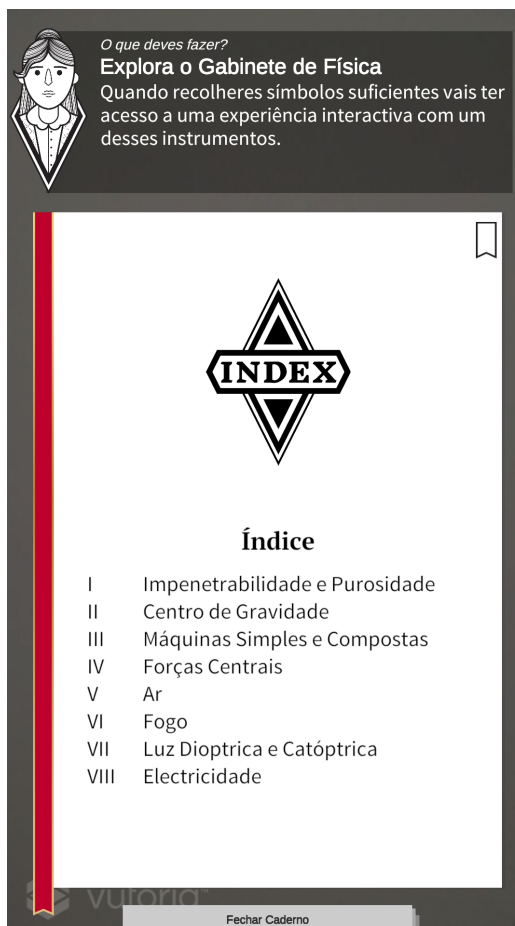
Com a aproximação dos dois condutores carregados é possível criar um arco eléctrico visível a olho nu.


Cuidado! Demasiada carga! Quase que deste um choque a toda a gente no Gabinete de Física

Pelos vistos a carga que geraste não é suficiente para obter resultados relevantes, ou pelo menos visíveis.

Parabéns! Conseguiu explorar todos os resultados possíveis com este instrumento e assim terminar a lição sobre **Electricidade**

ANEXO G - PRINTS DA APLICAÇÃO






Electricidade


Máquina Eléctrica de Nairne

Esta máquina é constituída por um *cilindro de vidro* disposto horizontalmente com uma **manivela** metálica com manípulo de madeira numa das suas extremidades que permite a rotação do cilindro sobre o seu eixo longitudinal. A estrutura, paralela ao eixo do cilindro é feita de latão que permite a condução de electricidade até aos **condutores articulados** com esferas na ponta. De um dos lados da estrutura existe uma *almofada de pele* e do lado oposto, *espígoes de metal*. Esta estrutura é suportada por pés de vidro que permitem isolar a estrutura e que assentam sobre uma mesa de

Construtor:
Edward Nairne
Materiais:
Vidro, latão, couro e madeira
Tamanho:
120 x 66 x 124 cm



Fechar Caderno




Electricidade

Máquina Eléctrica de Nairne

Esta máquina é constituída por um *cilindro de vidro* disposto horizontalmente com uma **manivela** metálica com manípulo de madeira numa das suas extremidades que permite a rotação do cilindro sobre o seu eixo longitudinal. A estrutura, paralela ao eixo do cilindro é feita de latão que permite a condução de electricidade até aos **condutores articulados** com esferas na ponta. De um dos lados da estrutura existe uma *almofada de pele* e do lado oposto, *espígoes de metal*. Esta estrutura é suportada por pés de vidro que permitem isolar a estrutura e que assentam sobre uma mesa de

Construtor:
Edward Nairne
Materiais:
Vidro, latão, couro e madeira
Tamanho:
120 x 66 x 124 cm



Fechar Caderno




Electricidade

Globo de Vidro de Nairne

O globo de vidro roda em torno do seu eixo vertical, accionado por uma manivela enfiada numa caixa metálica por meio de um sistema de rodas dentadas.



Abriu Caderno




Electricidade

Globo de Vidro Eléctrico de Nairne

O globo de vidro roda em torno do seu eixo vertical, accionado por uma *manivela* enfiada numa caixa metálica. A electrização do globo era obtida por *fricção do vidro numa almofada de camurça*. A electricidade gerada é conduzida pelas duas chapas laterais com um arco na ponta.

Esta máquina tem um parafuso na parte inferior que forma um grampo que permite montá-la em qualquer mesa. Existe mais que um exemplar deste modelo no espólio do Gabinete de Física

Construtor:
Edward Nairne
Materiais:
Vidro, latão, couro e madeira
Tamanho:
44 x 19,4 x 27 cm



Fechar Caderno



Electricidade

Máquina Eléctrica de Nairne de Madeira

É constituída por um cilindro de vidro oco que *roda em torno do eixo horizontal* com o fim de gerar **carga eléctrica**.

Esta rotação é realizada com a ajuda de uma **manivela** que se encontra numa das extremidades do cilindro. A máquina está apoiada em duas colunas de vidro cada uma delas ligada a uma peça de madeira num dos extremos do cilindro.

Esta máquina tinha como fim a utilização de choques como tratamento medicinal, técnica que mais tarde foi abandonada devido às consequências graves causadas aos pacientes.

Construtor:
Edward Nairne
Materiais:
Vidro, folha de estanho e madeira
Tamanho:
53,8 x 24,5 x 63 cm



Fechar Caderno



Electricidade

Máquina Eléctrica de Nairne

Esta máquina é constituída por um *cilindro de vidro* disposto horizontalmente com uma **manivela** metálica com manípulo de madeira numa das suas extremidades que permite a rotação do cilindro sobre o seu eixo longitudinal. A estrutura, paralela ao eixo do cilindro é feita de latão que permite a condução de electricidade até aos **condutores articulados** com esferas na ponta. De um dos lados da estrutura existe uma *almofada de pele* e do lado oposto, *espigões de metal*. Esta estrutura é suportada por pés de vidro que permitem isolar a estrutura e que assentam sobre uma mesa de

Construtor:
Edward Nairne
Materiais:
Vidro, latão, couro e madeira
Tamanho:
120 x 66 x 124 cm



Fechar Caderno



Electricidade

Garrafa de Leiden

Se a armadura interna da garrafa de Leiden for ligada electricamente ao condutor metálico duma máquina electrostática, com a armadura externa ligada à terra, é possível obter uma violenta descarga eléctrica se aproximarmos um arco articulado de latão, com pegas isoladoras de vidro, de forma a que uma das suas extremidades toque na armadura externa, enquanto a outra é aproximada da esfera do condensador que comunica com a armadura interna. Esta descarga é devida à distribuição de cargas de sinais contrários entre as armaduras interna e

Construtor:
Pieter van Musschenbroek
Materiais:
Vidro, folha de ouro, folha de estanho e latão
Tamanho:
36,8 x 10,4 cm



Fechar Caderno



Electricidade

Balança de Torção de Coulomb

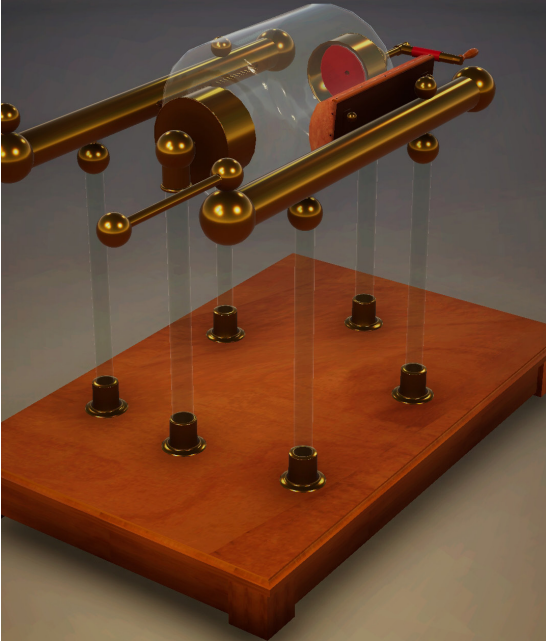
Um cilindro de vidro com uma escala dividida em graus e base de madeira. A sua tampa tem um tubo de vidro com o topo metálico do qual está suspenso um fio que sustem uma agulha no interior do recipiente. Na ponta da agulha existe um disco vertical de latão e uma esfera de medula de sabugueiro. Da tampa está também suspensa uma esfera de metal electrizável. Trata-se de um instrumento que permite a verificação experimental da lei quantitativa das interações entre cargas eléctricas.

Construtor:
Charles-Augustin de Coulomb
Materiais:
Vidro, madeira, medula de sabugueiro e latão
Tamanho:
65,5 x 26 cm

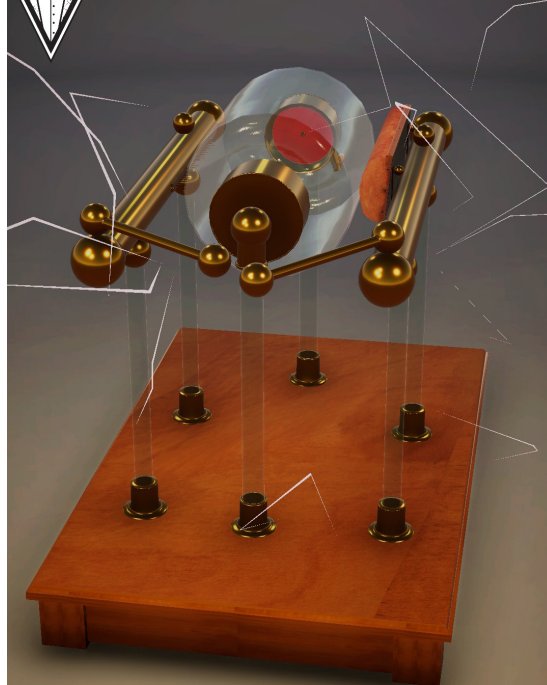


Fechar Caderno

Experiência:
Gerar carga com a Máquina de Nairne
 Podes *rodar* o instrumento através da sua base de madeira. Algumas das suas partes metálicas são móveis e com elas podes cumprir o teu objectivo.

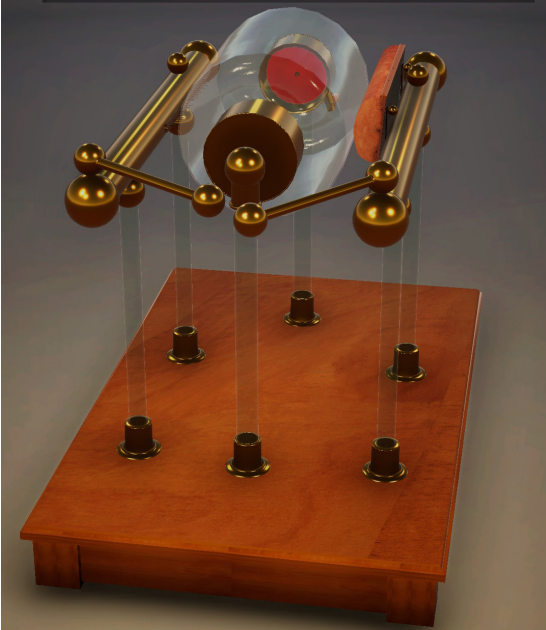


Abrir Caderno **EXPERIÊNCIA**



Abrir Caderno **EXPERIÊNCIA**

Experiência Completa
Parabéns!
 A carga recolhida foi suficiente para gerar uma descarga visível entre ambos os braços, e assim concluímos a experiência deste capítulo!



Abrir Caderno **EXPERIÊNCIA**

Erro Grave
Atenção!
 Cuidado! Causaste uma descarga enorme! A carga que geraste foi demasiada e espalhou-se pelo Gabinete de Física.



Abrir Caderno **EXPERIÊNCIA**

ANEXO H - TESTES DE USABILIDADE

Na escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo) e seleccione:	1	2	3	4	5
Visita museus	XX	X	XX	X	
Visita exposições interactivas	X	XXX	X	X	
Procura saber mais acerca dos temas abordados nos museus/ exposições após a visita		XX	X	XX	X
Utiliza aplicações com realidade aumentada	XXX	XX	X		
Procura activamente novos meios de interacção e tecnologias que melhoram a vivência e experiência do dia-a-dia			XX	XXX	X

1- Raramente 2- Com pouca frequência 3- Nem muito, nem pouco 4- Com alguma frequência 5- Muitas vezes

Na escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo) e seleccione:	1	2	3	4	5
A Realidade Aumentada é uma tecnologia importante			XX	XX	XX
A Realidade Aumentada é pouco explorada		X	X	XXXX	
Os Museus devem melhorar as exposições com novas tecnolo- gias e novas abordagens				X	XXX XX
Há património que não deve ser tocado pela tecnologia	XX	XXX		X	
Os Museus devem procurar renovar/repensar o seu conteúdo com regularidade para incentivar a revisita				XXX XX	X
Os Museus são um local de aprendizagem				X	XXX XX
Os Museus podem ser um local de lazer		X	X	X	XXX

1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Indiferente 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente

Na escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo) e seleccione:	1	2	3	4	5
A estrutura da aplicação é simples				XXX	XXX
A navegação entre elementos é fácil			X	XX	XXX
Os métodos de interacção adequados ao conteúdo explorado			X	XX	XXX
Os métodos de interacção simples de entender			XXX	X	XX
Ausência de som prejudica a aplicação	XX	XX		X	X
A aplicação suscitou curiosidade acerca dos conteúdos do Gabinete de Física				XXXX	XX
Os conhecimentos adquiridos durante o uso da aplicaçãoaju- dam a melhorar a experiência da visita				X	XXX XX

1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Indiferente 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente

Utilizador Nº: 01 Teste realizado no Gabinete de Física**Idade:** 26 **Nível de Educação:** Mestrado**Ocupação:** Estudante (Doutorando)**Já visitou o Museu da Ciência?** Sim**E o Gabinete de Física?** Sim

Na escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo) e seleccione:	1	2	3	4	5
Visita museus	X				
Visita exposições interactivas		X			
Procura saber mais acerca dos temas abordados nos museus/ exposições após a visita				X	
Utiliza aplicações com realidade aumentada	X				
Procura activamente novos meios de interacção e tecnologias que melhoram a vivência e experiência do dia-a-dia			X		

1- Raramente 2- Com pouca frequência 3- Nem muito, nem pouco 4- Com alguma frequência 5- Muitas vezes

Na escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo) e seleccione:	1	2	3	4	5
A Realidade Aumentada é uma tecnologia importante			X		
A Realidade Aumentada é pouco explorada			X		
Os Museus devem melhorar as exposições com novas tecnolo- gias e novas abordagens					X
Há património que não deve ser tocado pela tecnologia		X			
Os Museus devem procurar renovar/repensar o seu conteúdo com regularidade para incentivar a revisita				X	
Os Museus são um local de aprendizagem					X
Os Museus podem ser um local de lazer		X			

1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Indiferente 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente

Na escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo) e seleccione:	1	2	3	4	5
A estrutura da aplicação é simples					X
A navegação entre elementos é fácil					X
Os métodos de interacção adequados ao conteúdo explorado					X
Os métodos de interacção simples de entender					X
Ausência de som prejudica a aplicação		X			
A aplicação suscitou curiosidade acerca dos conteúdos do Gabinete de Física				X	
Os conhecimentos adquiridos durante o uso da aplicaçãoaju- dam a melhorar a experiência da visita					X

1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Indiferente 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente

O Layout da aplicação é adequado ao museu e ao objectivo que a aplicação procura atingir?

Sim, uma vez que os elementos visuais são baseados em elementos do museu e em outras referências ligadas a Coimbra, lugar onde se indere o Museu, local de uso da app.

A experiência com a máquina permite compreender o seu funcionamento e a ciência por detrás da mesma?

Sim

O que poderia ser implementado ou alterado para melhorar a aplicação (ex: alterações na exposição da informação, reposicionamento de elementos do layout, reformulação da apresentação)?

	TAREFAS	TEMPO	DIFICULDADES	SUGESTÕES
T1	Verificar o Símbolo			
T2	Interagir com a Narradora			
T3	Falar com a Narradora			
T4	Verificar Instrumentos			
T5	Abrir Livro			
T6	Mudar página		Talvez adicionar indicação de poder avançar em 2 direcções (esquerda e direita da página)	
T7	Marcar Página			
T8	Consultar Marcador		Pôr referência do modo real foi intuitivo	
T9	Concluir registos			
T10	Entrar na experiência			
T11	Rodar instrumento			
T12	Posicionar braços			
T13	Rodar manivela			
T14	Ver Resultado			
T15	Procurar outra opção			

NOTAS: Bug nos marcadores, está a detectar simbolos trocados (ex: lê 123 mas assume registo do 117 apesar de mostrar informação do 117)

Utilizador Nº: 02 Teste realizado no Gabinete de Física**Idade:** 26 **Nível de Educação:** Mestrado**Ocupação:** Informático**Já visitou o Museu da Ciência?** Não**E o Gabinete de Física?** Não

Na escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo) e seleccione:	1	2	3	4	5
Visita museus		X			
Visita exposições interactivas	X				
Procura saber mais acerca dos temas abordados nos museus/ exposições após a visita			X		
Utiliza aplicações com realidade aumentada	X				
Procura activamente novos meios de interacção e tecnologias que melhoram a vivência e experiência do dia-a-dia			X		

1- Raramente 2- Com pouca frequência 3- Nem muito, nem pouco 4- Com alguma frequência 5- Muitas vezes

Na escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo) e seleccione:	1	2	3	4	5
A Realidade Aumentada é uma tecnologia importante					X
A Realidade Aumentada é pouco explorada			X		
Os Museus devem melhorar as exposições com novas tecnologias e novas abordagens				X	
Há património que não deve ser tocado pela tecnologia		X			
Os Museus devem procurar renovar/repensar o seu conteúdo com regularidade para incentivar a revisita				X	
Os Museus são um local de aprendizagem					X
Os Museus podem ser um local de lazer					X

1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Indiferente 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente

Na escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo) e seleccione:	1	2	3	4	5
A estrutura da aplicação é simples					X
A navegação entre elementos é fácil				X	
Os métodos de interacção adequados ao conteúdo explorado				X	
Os métodos de interacção simples de entender			X		
Ausência de som prejudica a aplicação	X				
A aplicação suscitou curiosidade acerca dos conteúdos do Gabinete de Física				X	
Os conhecimentos adquiridos durante o uso da aplicação ajudam a melhorar a experiência da visita					X

1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Indiferente 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente

O Layout da aplicação é adequado ao museu e ao objectivo que a aplicação procura atingir?

Sim, bastante simples e fácil de utilizar, Podia ter mais funcionalidades.

A experiência com a máquina permite compreender o seu funcionamento e a ciência por detrás da mesma?

Consegui chegar ao resultado esperado olhando para o modelo real. No final podia ter aparecido uma explicação mais pormenorizada dos resultados obtidos.

O que poderia ser implementado ou alterado para melhorar a aplicação (ex: alterações na exposição da informação, reposicionamento de elementos do layout, reformulação da apresentação)?

Icône da narradora podia parecer mais "clicável". Navegar entre textos, o click no ecrã para avançar entre textos não foi totalmente intuitivo. Caderno podia ter logo de início todos os objectos.

	TAREFAS	TEMPO	DIFICULDADES	SUGESTÕES
T1	Verificar o Símbolo			
T2	Interagir com a Narradora			
T3	Falar com a Narradora			
T4	Verificar Instrumentos		Fácil	
T5	Abrir Livro		Ícone pequeno	
T6	Mudar página		Não muito intuitivo	Podia ter setas meio transparentes a indicar a acção
T7	Marcar Página		Não me apercebi	
T8	Consultar Marcador			
T9	Concluir registos			
T10	Entrar na experiência		Ícone pequeno	
T11	Rodar instrumento		Fácil mas o frame rate afecta o feedback	
T12	Posicionar braços		Fácil mas o frame rate afecta o feedback	
T13	Rodar manivela		Fácil mas o frame rate afecta o feedback	
T14	Ver Resultado			
T15	Procurar outra opção			

NOTAS:

Utilizador Nº: 03 Teste realizado no Gabinete de Física**Idade:** 24 **Nível de Educação:** Mestrado**Ocupação:** Doutorando**Já visitou o Museu da Ciência?** Sim**E o Gabinete de Física?** Sim

Na escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo) e seleccione:	1	2	3	4	5
Visita museus	X				
Visita exposições interactivas		X			
Procura saber mais acerca dos temas abordados nos museus/ exposições após a visita		X			
Utiliza aplicações com realidade aumentada		X			
Procura activamente novos meios de interacção e tecnologias que melhoram a vivência e experiência do dia-a-dia				X	

1- Raramente 2- Com pouca frequência 3- Nem muito, nem pouco 4- Com alguma frequência 5- Muitas vezes

Na escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo) e seleccione:	1	2	3	4	5
A Realidade Aumentada é uma tecnologia importante					X
A Realidade Aumentada é pouco explorada				X	
Os Museus devem melhorar as exposições com novas tecnologias e novas abordagens					X
Há património que não deve ser tocado pela tecnologia	X				
Os Museus devem procurar renovar/repensar o seu conteúdo com regularidade para incentivar a revisita				X	
Os Museus são um local de aprendizagem					X
Os Museus podem ser um local de lazer				X	

1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Indiferente 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente

Na escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo) e seleccione:	1	2	3	4	5
A estrutura da aplicação é simples				X	
A navegação entre elementos é fácil				X	
Os métodos de interacção adequados ao conteúdo explorado					X
Os métodos de interacção simples de entender					X
Ausência de som prejudica a aplicação		X			
A aplicação suscitou curiosidade acerca dos conteúdos do Gabinete de Física					X
Os conhecimentos adquiridos durante o uso da aplicação ajudam a melhorar a experiência da visita					X

1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Indiferente 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente

O Layout da aplicação é adequado ao museu e ao objectivo que a aplicação procura atingir?

Sim, mas os botões devem ser maiores

A experiência com a máquina permite compreender o seu funcionamento e a ciência por detrás da mesma?

Sim

O que poderia ser implementado ou alterado para melhorar a aplicação (ex: alterações na exposição da informação, reposicionamento de elementos do layout, reformulação da apresentação)?

Botões e texto maiores

Utilizador Nº: 03 Teste realizado no Gabinete de Física

	TAREFAS	TEMPO	DIFICULDADES	SUGESTÕES
T1	Verificar o Símbolo			
T2	Interagir com a Narradora		Só soube porque foi informado	
T3	Falar com a Narradora			
T4	Verificar Instrumentos			Área mais pequena para registar os símbolos, não há necessidade de ser o ecrã todo
T5	Abrir Livro			
T6	Mudar página			Colocar botões ou setas
T7	Marcar Página			
T8	Consultar Marcador			
T9	Concluir registos			
T10	Entrar na experiência			Podia ser quando fazia scan do marcador respectivo
T11	Rodar instrumento			
T12	Posicionar braços		Delay	
T13	Rodar manivela		Delay	
T14	Ver Resultado			
T15	Procurar outra opção			

NOTAS: Poderia ser simplesmente uma aplicação web, incluída num site, não havia necessidade de ser uma aplicação individual. O utilizador poderia aceder à webapp através do browser, utilizar a aplicação que mantinha o progresso e em casa continuar a experimentar.

Alternativamente à experiência poderia existir apenas uma animação para ilustrar o funcionamento das máquinas.

Utilizador Nº: 04 Teste realizado no Gabinete de Física**Idade:** 25 **Nível de Educação:** Mestrado**Ocupação:** Investigadora**Já visitou o Museu da Ciência?** Não**E o Gabinete de Física?** Não

Na escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo) e seleccione:	1	2	3	4	5
Visita museus			X		
Visita exposições interactivas			X		
Procura saber mais acerca dos temas abordados nos museus/ exposições após a visita		X			
Utiliza aplicações com realidade aumentada	X				
Procura activamente novos meios de interacção e tecnologias que melhoram a vivência e experiência do dia-a-dia				X	

1- Raramente 2- Com pouca frequência 3- Nem muito, nem pouco 4- Com alguma frequência 5- Muitas vezes

Na escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo) e seleccione:	1	2	3	4	5
A Realidade Aumentada é uma tecnologia importante				X	
A Realidade Aumentada é pouco explorada				X	
Os Museus devem melhorar as exposições com novas tecnolo- gias e novas abordagens					X
Há património que não deve ser tocado pela tecnologia	X				
Os Museus devem procurar renovar/repensar o seu conteúdo com regularidade para incentivar a revisita					X
Os Museus são um local de aprendizagem					X
Os Museus podem ser um local de lazer					X

1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Indiferente 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente

Na escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo) e seleccione:	1	2	3	4	5
A estrutura da aplicação é simples					X
A navegação entre elementos é fácil					X
Os métodos de interacção adequados ao conteúdo explorado					X
Os métodos de interacção simples de entender				X	
Ausência de som prejudica a aplicação	X				
A aplicação suscitou curiosidade acerca dos conteúdos do Gabinete de Física				X	
Os conhecimentos adquiridos durante o uso da aplicaçãoaju- dam a melhorar a experiência da visita					X

1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Indiferente 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente

O Layout da aplicação é adequado ao museu e ao objectivo que a aplicação procura atingir?

Sim

A experiência com a máquina permite compreender o seu funcionamento e a ciência por detrás da mesma?

Sim

O que poderia ser implementado ou alterado para melhorar a aplicação (ex: alterações na exposição da informação, reposicionamento de elementos do layout, reformulação da apresentação)?

Reposicionamento do layout (caderno mais visível)

	TAREFAS	TEMPO	DIFICULDADES	SUGESTÕES
T1	Verificar o Símbolo			
T2	Interagir com a Narradora			
T3	Falar com a Narradora			
T4	Verificar Instrumentos			
T5	Abrir Livro		Pouco visível	
T6	Mudar página		Pouco visível	
T7	Marcar Página			
T8	Consultar Marcador			
T9	Concluir registos			
T10	Entrar na experiência			
T11	Rodar instrumento			
T12	Posicionar braços		Movimento lento	
T13	Rodar manivela			
T14	Ver Resultado			
T15	Procurar outra opção			

NOTAS:

Utilizador Nº: 05 Teste não foi realizado no Gabinete de Física**Idade:** 25 **Nível de Educação:** Mestrado**Ocupação:** PhD Student**Já visitou o Museu da Ciência?** Sim**E o Gabinete de Física?** Sim

Na escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo) e seleccione:	1	2	3	4	5
Visita museus			X		
Visita exposições interactivas		X			
Procura saber mais acerca dos temas abordados nos museus/ exposições após a visita				X	
Utiliza aplicações com realidade aumentada		X			
Procura activamente novos meios de interacção e tecnologias que melhoram a vivência e experiência do dia-a-dia				X	

1- Raramente 2- Com pouca frequência 3- Nem muito, nem pouco 4- Com alguma frequência 5- Muitas vezes

Na escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo) e seleccione:	1	2	3	4	5
A Realidade Aumentada é uma tecnologia importante				X	
A Realidade Aumentada é pouco explorada				X	
Os Museus devem melhorar as exposições com novas tecnolo- gias e novas abordagens					X
Há património que não deve ser tocado pela tecnologia		X			
Os Museus devem procurar renovar/repensar o seu conteúdo com regularidade para incentivar a revisita				X	
Os Museus são um local de aprendizagem				X	
Os Museus podem ser um local de lazer			X		

1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Indiferente 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente

Na escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo) e seleccione:	1	2	3	4	5
A estrutura da aplicação é simples				X	
A navegação entre elementos é fácil			X		
Os métodos de interacção adequados ao conteúdo explorado			X		
Os métodos de interacção simples de entender			X		
Ausência de som prejudica a aplicação					X
A aplicação suscitou curiosidade acerca dos conteúdos do Gabinete de Física				X	
Os conhecimentos adquiridos durante o uso da aplicaçãoaju- dam a melhorar a experiência da visita				X	

1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Indiferente 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente

O Layout da aplicação é adequado ao museu e ao objectivo que a aplicação procura atingir?

Sim, é simples e com a quantidade de informação adequada

A experiência com a máquina permite compreender o seu funcionamento e a ciência por detrás da mesma?

É um pouco confuso não ter o esquema final do que é suposto fazer com a máquina. Após perceber isso, ajuda sem dúvida na compreensão do seu funcionamento.

O que poderia ser implementado ou alterado para melhorar a aplicação (ex: alterações na exposição da informação, reposicionamento de elementos do layout, reformulação da apresentação)?

Narrativa e falar; sound cues; incluir objectivos/esquema do processo de resolução de cada experiência; setas no texto quando há mais que uma página ou fala.

	TAREFAS	TEMPO	DIFICULDADES	SUGESTÕES
T1	Verificar o Símbolo			
T2	Interagir com a Narradora			
T3	Falar com a Narradora			
T4	Verificar Instrumentos			
T5	Abrir Livro			
T6	Mudar página			
T7	Marcar Página			
T8	Consultar Marcador			
T9	Concluir registos			
T10	Entrar na experiência			
T11	Rodar instrumento			
T12	Posicionar braços		É difícil perceber onde e como os posicionar	
T13	Rodar manivela		Movimento muito pouco tolerável a quem não está familiarizado	
T14	Ver Resultado			
T15	Procurar outra opção			

NOTAS: O bold e itálico utilizado para fortalecer a importância dos termos durante as falas e descrição das máquinas é pouco visível

Utilizador Nº: 06 Teste não foi realizado no Gabinete de Física

Idade: 2*

Nível de Educação: Mestrado

Ocupação: Front-end Developer

Já visitou o Museu da Ciência? Sim

E o Gabinete de Física? Não

Na escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo) e seleccione:	1	2	3	4	5
Visita museus				X	
Visita exposições interactivas				X	
Procura saber mais acerca dos temas abordados nos museus/ exposições após a visita					X
Utiliza aplicações com realidade aumentada			X		
Procura activamente novos meios de interacção e tecnologias que melhoram a vivência e experiência do dia-a-dia					X

1- Raramente 2- Com pouca frequência 3- Nem muito, nem pouco 4- Com alguma frequência 5- Muitas vezes

Na escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo) e seleccione:	1	2	3	4	5
A Realidade Aumentada é uma tecnologia importante			X		
A Realidade Aumentada é pouco explorada				X	
Os Museus devem melhorar as exposições com novas tecnolo- gias e novas abordagens					X
Há património que não deve ser tocado pela tecnologia				X	
Os Museus devem procurar renovar/repensar o seu conteúdo com regularidade para incentivar a revisita				X	
Os Museus são um local de aprendizagem					X
Os Museus podem ser um local de lazer					X

1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Indiferente 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente

Na escala de 1 (mínimo) a 5 (máximo) e seleccione:	1	2	3	4	5
A estrutura da aplicação é simples				X	
A navegação entre elementos é fácil					X
Os métodos de interacção adequados ao conteúdo explorado				X	
Os métodos de interacção simples de entender			X		
Ausência de som prejudica a aplicação				X	
A aplicação suscitou curiosidade acerca dos conteúdos do Gabinete de Física					X
Os conhecimentos adquiridos durante o uso da aplicaçãoaju- dam a melhorar a experiência da visita					X

1- Discordo totalmente 2- Discordo parcialmente 3- Indiferente 4- Concordo parcialmente 5- Concordo totalmente

O Layout da aplicação é adequado ao museu e ao objectivo que a aplicação procura atingir?

Em termos estéticos diria que está bem adequado ao Museu e ao período em questão

A experiência com a máquina permite compreender o seu funcionamento e a ciência por detrás da mesma?

Em termos de funcionamento diria que sim, em termos da ciência por detrás, penso que seria preciso mais algum tipo de animação ilustrativa

O que poderia ser implementado ou alterado para melhorar a aplicação (ex: alterações na exposição da informação, reposicionamento de elementos do layout, reformulação da apresentação)?

Narrativa e falar; sound cues; incluir objectivos/esquema do processo de resolução de cada experiência; setas no texto quando há mais que uma página ou fala.

	TAREFAS	TEMPO	DIFICULDADES	SUGESTÕES
T1	Verificar o Símbolo			
T2	Interagir com a Narradora			
T3	Falar com a Narradora			Quando se carrega na narradora reinicia o texto, seria melhor continuar até ao fim
T4	Verificar Instrumentos			Acrescentar um delay no scan para não atrapalhar e não verificar outro marcador sem querer.
T5	Abrir Livro			
T6	Mudar página			
T7	Marcar Página			
T8	Consultar Marcador			
T9	Concluir registos			
T10	Entrar na experiência			
T11	Rodar instrumento			
T12	Posicionar braços			
T13	Rodar manivela			
T14	Ver Resultado			
T15	Procurar outra opção			

NOTAS: Reduzir a área de focagem para ser mais fácil escolher o símbolo e não reconhecer outros símbolos perto sem o utilizador ter a intenção de o fazer.
 Implementar função de sair do caderno ao carregar em qualquer ponto do ecrã fora do caderno, em vez de sair apenas através do botão.