

UNIVERSIDADE DE LISBOA

Faculdade de Ciências

Departamento de Informática



MOBILEJUKEBOX

Carlos Alexandre Moral Bacelar Teixeira

DISSERTAÇÃO

MESTRADO EM ENGENHARIA INFORMÁTICA

Especialização em Sistemas de Informação

2013



UNIVERSIDADE DE LISBOA

Faculdade de Ciências

Departamento de Informática



MOBILEJUKEBOX

Carlos Alexandre Moral Bacelar Teixeira

DISSERTAÇÃO

MESTRADO EM ENGENHARIA INFORMÁTICA

Especialização em Sistemas de Informação

Trabalho orientado pelo Prof. Doutor Paulo Jorge Cunha Vaz Dias Urbano  
e co-orientado por Francisco Cipriano da Cunha Martins

2013



## **Agradecimentos**

Começo por agradecer à minha família, principalmente ao meu pai, à minha mãe e à minha avó, o apoio incondicional que me proporcionaram ao longo da minha formação académica.

Este trabalho é o fruto de um longo percurso de aprendizagem que começou na escola primária até à faculdade. Este percurso foi marcado pela intervenção de diversas pessoas que contribuíram de alguma forma neste projecto e das quais gostaria de mencionar algumas.

No decorrer da minha formação académica na faculdade quero agradecer aos meus colegas mais chegados, Gonçalo Cruchinho, João Lobo, Rui Flores, Henrique Morais, Frederico Miranda, Phil Lopes e Geraldo Nascimento, e em especial os meus colegas João Brito e Dinis Premji, que conheci no primeiro dia de faculdade e que desde aí me apoiaram nos bons e maus momentos que ocorreram ao longo dos anos e que sem eles teriam sido mais difíceis e menos agradáveis.

Gostaria ainda de agradecer ao Prof. Doutor Paulo Jorge Cunha Vaz Dias Urbano e ao Prof. Doutor Francisco Cipriano da Cunha Martins pelo apoio prestado, disponibilidade e ensinamentos que adquiri ao longo do desenvolvimento deste projecto.

Um agradecimento especial ao meu primo Carlos Moral, que considero como irmão, e que me acompanhou ao longo dos anos sempre me fazendo acreditar que era capaz de chegar tão longe através da sua compreensão e apoio.

Por fim agradeço a todas as outras pessoas, tanto familiares como amigos, que não foram referenciados, o encorajamento neste meu percurso.



*A persistência é o caminho do êxito.*



## Resumo

Nos dias de hoje a música fornecida faz parte de ambientes sociais em que estamos inseridos, através de dispositivos existentes nos espaços onde nos encontramos ou através de dispositivos digitais portáteis como os telemóveis, leitores portáteis ou Tablets. Torna-se interessante saber quem fornece e quem selecciona a música a tocar.

A *MobileJukeBox* é uma aplicação, para dispositivos móveis que tem como objectivo criar um espaço de escuta colectivo que seja interactivo, comunicativo e animado.

O método de decisão, nas escolhas dos *DJs* e suas músicas, da *MobileJukeBox* deve ser descentralizado e a forma como o controlo da *MobileJukeBox* é feito, deve-se basear na investigação em jogos colectivos de estratégia e alianças, emergência de ordem em sociedades animais tais como a geração de consensos nas sociedades de insectos sociais como formigas e abelhas. Quando ocorre um desastre no ninho destes insectos, estes organizam-se socialmente de modo a procurar um novo para morar.

O objectivo principal do projecto *MobileJukeBox* é desenvolver uma aplicação musical móvel que se adapte ao público e à tecnologia de hoje. Para tal foi escolhido usar os smartphones com o sistema operativo Android, que representam a maioria do mercado de smartphones do mundo.

A aplicação deve decidir, de entre vários utilizadores que a usem, quem irá ter a sua música a tocar e que música será essa.

**Palavras-chave:** Música, Dispositivos Móveis, Aplicação, Jukebox, Interacção Social.



## Abstract

Nowadays music is part of social environments, made available either through existing devices or via mobile devices such as MP3 player, mobile phones or Tablets. It is interesting to know who provides and who selects the music to play.

The *MobileJukeBox* is an application, for mobile devices that aims at the creation of a interactive, communicative and fun space of collective listening.

The decision method, the *DJs* and their music choices, of the *MobileJukebox* must be scattered and how the control of the *MobileJukeBox* is done, should be based on the research of alliance and strategic collective games, emergence of order in animal societies such as generating consensus in societies of social insects such as ants and bees. When a disaster occurs in the insects nest, they organize themselves socially in order to find a new home to live.

The main goal of *MobileJukeBox* is developing an music mobile application that suits the public and the technology of nowadays. To accomplish this goal we choose to use smartphones with Android operating system, that represents the majority of the smartphones in the worlds market.

The application must decide form among several users that are using it, who will have his music playing and which song is that.

**Keywords:** Music, Mobile Devices, Applications, Jukebox, Social Interactive.



# Conteúdo

<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1	MOTIVAÇÃO	2
1.2	OBJECTIVOS	4
1.3	CONTRIBUIÇÕES	5
1.4	ESTRUTURA DO DOCUMENTO	6
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>DECISÕES COLECTIVAS EM ANIMAIS</b>	<b>7</b>
2.1	DECISÃO COLECTIVA	7
2.2	ESPÉCIES DE INSECTOS SOCIAIS	8
<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>FORMAS DE OUVIR MÚSICA</b>	<b>19</b>
3.1	EVOLUÇÃO DOS DISPOSITIVOS MUSICAIS	19
3.2	APLICAÇÕES DE MÚSICA	22
3.1.2	<i>Aplicações na WEB</i>	22
3.1.3	<i>Aplicações Mobile</i>	26
3.3	ENQUADRAMENTO TECNOLÓGICO	31
3.2.1	<i>ANDROID</i>	31
3.2.2	<i>iOS</i>	32
<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>MODELOS NETLOGO</b>	<b>33</b>
4.1	FORMIGAS	33
4.1.1	<i>Características a ter em consideração</i>	33
4.1.2	<i>Diferenças entre artigo e modelo</i>	34
4.1.3	<i>Comportamento das formigas no modelo Netlogo</i>	35
4.1.4	<i>Ilustração do modelo</i>	39
4.1.5	<i>Demonstração do modelo</i>	42
4.1.6	<i>Vídeo do modelo</i>	46
4.1.7	<i>Resultados obtidos</i>	46
4.2	ABELHAS	49
4.2.1	<i>Características a ter em consideração</i>	49
4.2.2	<i>Diferenças entre artigo e modelo</i>	51
4.2.3	<i>Comportamento das abelhas no modelo Netlogo</i>	52
4.2.4	<i>Ilustração do modelo</i>	54
4.2.5	<i>Demonstração do modelo</i>	56
4.2.6	<i>Vídeo do modelo</i>	59
4.2.7	<i>Resultados obtidos</i>	60

4.3	MODELO FINAL .....	63
4.3.1	<i>Modelo formigas versus Modelo abelhas</i> .....	64
4.3.2	<i>Características a ter em consideração</i> .....	64
4.3.3	<i>Comportamento das batedoras</i> .....	65
4.3.4	<i>Ilustração do modelo</i> .....	66
4.3.5	<i>Demonstração do modelo</i> .....	68
4.3.6	<i>Vídeo do modelo</i> .....	71
<b>CAPÍTULO 5 MOBILEJUKEBOX.....</b>		<b>73</b>
5.1	DEFINIÇÕES .....	73
5.2	COMPARAÇÃO COM O MODELO NETLOGO .....	74
5.3	CONEXÃO ENTRE DISPOSITIVOS .....	74
5.4	COMUNICAÇÃO ENTRE DISPOSITIVOS .....	76
5.5	INTERACÇÃO DAS ABELHAS NOS NINHOS .....	79
5.6	SELECÇÃO DE UM NOVO <i>DJ</i> .....	81
5.7	VALOR DO <i>DJ</i> .....	81
5.8	SELECÇÃO DE MÚSICAS .....	83
5.9	FUNCIONAMENTO .....	84
5.9.1	<i>Player</i> .....	84
5.9.2	<i>Cliente</i> .....	87
<b>CAPÍTULO 6 DISCUSSÃO E TRABALHO FUTURO.....</b>		<b>89</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>		<b>91</b>
<b>APÊNDICE A MAPA DE GANTT PREVISTO.....</b>		<b>99</b>
<b>APÊNDICE B MAPA DE GANTT REAL.....</b>		<b>101</b>

# Lista de Figuras

FIGURA 1: ESTADO DAS FORMIGAS AZUIS.....	35
FIGURA 2: ESTADO DAS FORMIGAS VERMELHAS .....	36
FIGURA 3: ESTADO DAS FORMIGAS AMARELAS .....	37
FIGURA 4: ESTADO DAS FORMIGAS VERDES.....	38
FIGURA 5: ILUSTRAÇÃO DO MODELO DE FORMIGAS.....	39
FIGURA 6: INÍCIO DO CICLO DAS FORMIGAS.....	42
FIGURA 7: DESTRUIÇÃO DO NINHO ACTUAL DAS FORMIGAS .....	43
FIGURA 8: PROCURA, AVALIAÇÃO E RECRUTAMENTO DAS FORMIGAS .....	44
FIGURA 9: FASE FINAL, TRANSPORTE DAS FORMIGAS.....	45
FIGURA 10: GRÁFICO “RECRUITMENT BEHAVIOR” .....	46
FIGURA 11: GRÁFICO “DISTRIBUTION OF ROUTES” .....	47
FIGURA 12: GRÁFICO “PROBABILITY OF TRANSPORTING VS SEARCHING”.....	48
FIGURA 13: <i>INDIRECT SWITCHING</i> .....	50
FIGURA 14: <i>DIRECT SWITCHING</i> .....	51
FIGURA 15: ESTADO DAS ABELHAS AZUIS.....	52
FIGURA 16: ESTADO DAS ABELHAS VERDE E VERMELHA .....	53
FIGURA 17: ILUSTRAÇÃO DO MODELO DE ABELHAS.....	54
FIGURA 18: INÍCIO DO CICLO DAS ABELHAS.....	56
FIGURA 19: DESTRUIÇÃO DO NINHO DAS ABELHAS.....	57
FIGURA 20: RECRUTA E DANÇA DAS ABELHAS.....	58
FIGURA 21: FASE FINAL, DESLOCAÇÃO DA COLÓNIA .....	59
FIGURA 22: GRÁFICOS “INDIRECT SWITCHING” .....	61
FIGURA 23: GRÁFICO “DANCING BEES WITH DIRECT SWITCHING” .....	62
FIGURA 24: GRÁFICO “NUMBER OF BEES THAT STOPED DANCING FOR EACH NEST” .....	63
FIGURA 25: ESTADO DAS ABELHAS.....	65
FIGURA 26: ILUSTRAÇÃO DO MODELO USADO COMO PROTÓTIPO .....	67

FIGURA 27: INÍCIO DO CICLO DO PROTÓTIPO .....	68
FIGURA 28: NOVOS NINHOS E RECRUTA.....	69
FIGURA 29: SAÍDA DE DIPOSITIVOS .....	70
FIGURA 30: MENU INICIAL DO PLAYER .....	84
FIGURA 31: MENU CRIAR <i>DJ</i> .....	85
FIGURA 32: LIGAÇÃO E HOTSPOT PORT.....	83
FIGURA 33: CONFIGURAÇÃO E ACTIVAÇÃO DA REDE .....	85
FIGURA 34: MENU PLAYER .....	86
FIGURA 35: PROCURAR REDES DISPONÍVEIS.....	86
FIGURA 36: MENU UTILIZADOR.....	88

# Lista de Tabelas

TABELA 1: DIFERENÇAS ENTRE APLICAÇÕES WEB.....	25
TABELA 2: DIFERENÇAS ENTRE APLICAÇÕES MÓVEIS .....	30
TABELA 3: VERSÕES DO SISTEMA OPERATIVO ANDROID.....	31
TABELA 3: TEMPO QUE UMA ABELHA TEM PARA RECRUTAR.....	80
TABELA 3: POSSÍVEIS RESULTADOS APÓS VOTAÇÃO DE UMA MÚSICA .....	82



# Capítulo 1

## Introdução



A *jukebox* [1] nasceu oficialmente a 23 de Novembro de 1889 e a sua primeira demonstração pública ocorreu em São Francisco no restaurante *Palais Royal*. O operador na altura era o *Louis Glass* ficando hoje em dia reconhecido por muitos como o inventor do conceito da *jukebox*. As bases para o desenvolvimento da *jukebox* provieram de *Thomas Edison* com o fonógrafo em 1877. A grande popularidade da *jukebox* decorreu nas décadas de quarenta, cinquenta e sessenta mas especialmente na década de cinquenta [2] em que a maioria dos discos produzidos na altura eram feitos especialmente para a *jukebox* com músicas de *rock and roll*.

Hoje em dia o conceito de *jukebox* caiu em desuso devido ao crescente avanço tecnológico mas tal pode ser visto como uma oportunidade para modernizar o conceito aproveitando as tecnologias existentes, especialmente os dispositivos móveis, e desenvolver aplicações que permitam juntar o que ambos têm de melhor para oferecer.

O processo de decisão usado pelas sociedades de insectos na procura de novos locais para os seus ninhos é bastante simples e descentralizado, pelo que será usado na aplicação a desenvolver. Duas espécies de insectos sociais, as formigas e as abelhas, usam o poder de decisão da colónia, para escolherem com sucesso o melhor ninho de entre os vários disponíveis. Apesar de existirem várias diferenças no processo de escolha de ninhos, como

por exemplo, o número de abelhas ser muito superior (cem vezes mais) ao número de formigas ou o acto de recrutamento ser completamente diferente entre ambos, as abelhas batedoras dançam para as suas companheiras para indicar a direcção e distância do novo local enquanto as formigas batedoras têm de encontrar uma outra e conduzi-las para o ninho para o qual estavam a recrutar, também existem semelhanças, ambas as espécies usam algum tipo de votação no que respeita à escolha de ninhos. As abelhas que encontram ninhos melhores irão ter mais hipóteses de tentar persuadir outras abelhas a se aliarem a elas do que as abelhas cujo ninho para a qual estão a recrutar é de qualidade inferior, por outro lado as formigas tendem a demorar mais tempo a aliar-se a um ninho de fraca qualidade do que a outro melhor, ou seja, o processo de recrutamento vai-se iniciar mais tarde para ninhos com pouca qualidade do que para qualidade superior.

Neste capítulo é descrito a motivação do projecto, assim como os objectivos definidos para a sua realização. São também apresentadas as suas contribuições e por fim é descrito a estrutura do documento.

Este trabalho foi realizado no contexto do Projecto em Engenharia Informática, para o Mestrado em Engenharia Informática, especializado em Sistemas de Informação, na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, no grupo de investigação do Departamento de Informática LabMAg.

## 1.1 Motivação

Sendo que a *jukebox* não tem a popularidade que tinha mas que conserva aspectos lúdicos e de conveniência importantes, é interessante desenvolver uma aplicação que se adapte aos dias de hoje, cativando novos públicos mais receptivos a produtos inovadores.

Na *jukebox* original é necessário existir um dispositivo físico central na qual as pessoas precisam de se deslocar até ele e inserir uma moeda de modo a poderem escolher uma música do seu agrado para ouvir. Este tipo de interacção está um tanto ou quanto desactualizado visto que hoje em dia a maioria das pessoas já trás consigo as suas próprias músicas nos seus dispositivos móveis. Se juntarmos o formato de *jukebox* com o uso dos dispositivos móveis podemos obter um formato diferente que se adequa aos dias de hoje.

Algumas aplicações já implementam esse formato, permitindo a uma pessoa não ter de se deslocar para um aparelho “no meio da sala” quando o pode fazer a partir do seu telemóvel. Algumas destas aplicações também são gratuitas reduzindo assim mais um obstáculo que limita o número de utilizadores que as usam.

O método de decisão existente nestas aplicações baseia-se no número de votos que uma música obtém, sendo que a música que alcançar um maior número será aquela que passará de seguida. Será interessante criar uma aplicação em que o processo de decisão não se baseie na escolha de músicas mas sim na qualidade de quem as passa. Assim sendo os utilizadores não sabem quais as músicas que passarão de seguida, confiando no *DJ* que as está a passar. Caso um utilizador goste das músicas que estão a passar, este pode fazer um "Like" aumentando a qualidade do *DJ* ou um "Dislike" caso contrário.

A decisão de qual o próximo *DJ*, num colectivo, é feito de forma democrática e anónima. O tempo que um *DJ* tem para passar as suas músicas deve variar consoante o número de "Likes" e "Dislikes" que vai obtendo anonimamente por parte dos ouvintes. Não será interessante para os utilizadores que seja um único *DJ* a passar consecutivamente as suas músicas, dando hipóteses a outros para que passem as suas músicas também. Será importante fazer com que um *DJ* que está a passar músicas há muito tempo vá perdendo qualidade, enquanto que *DJs* que não as passam aumentem-na.

A aplicação usará um sistema distribuído descentralizado, ou seja, não existe um servidor que trate de todos os aspectos referentes à selecção de músicas ou de *DJs*, que é uma vantagem em comparação aos sistemas centralizados, visto que nesses casos uma falha num ponto crítico pode culminar na sua falha. Para além disso o processo de decisão irá ser colectivo e não individual, ou seja, a decisão de um único elemento não irá fazer com que os restantes a sigam, sendo necessário que a maioria dos elementos tenha chegado à mesma conclusão.

Para encontrar um processo de decisão colectivo, nada melhor que procurar um já existente e funcional no reino animal. A maioria destes processos é demasiado complexo pelo que será mais prudente usar um que seja simples, sendo que o escolhido foi o processo praticado pelos insectos, não só por ser simples mas também por ser descentralizado.

Sendo que neste tipo de aplicações as pessoas podem entrar e sair quando querem, o dinamismo será um ponto crucial a desenvolver. Outro aspecto interessante será oferecer aos utilizadores, músicas que por eles não são conhecidas através da música que está a tocar na altura.

Com todos estes aspectos em mente irá ser muito interessante criar uma aplicação cujo conceito de *jukebox* volte a ser tão entusiasmante e cativante como era no seu auge e ganhar mais seguidores.

## 1.2 Objectivos

O objectivo será criar um protótipo de uma *MobileJukebox* que controla os pratos tendo em conta um processo de selecção de músicas com base no contexto, nos organismos de *media* existentes e na interacção com as pessoas presentes de forma a criar um espaço de escuta colectivo que seja interactivo, comunicativo e animado. Esta aplicação irá pertencer à classe de aplicações móveis que suporta interacção social de utilizadores de dispositivos móveis, o *MoSoSo* (*mobile social software*) [3]. A ideia básica do *MoSoSo* é permitir aos utilizadores de dispositivos móveis, encontrarem-se num determinado local e tempo outros utilizadores para poderem interagir socialmente.

Para que esse objectivo se concretize será necessário primeiro ler artigos, discuti-los e escolher os melhores para criar protótipos que serão utilizados posteriormente na aplicação *MobileJukebox*. Esses artigos baseiam-se nas tomadas de decisão em jogos colectivos de estratégia e alianças, emergência de ordem em sociedades animais tais como a geração de consensos nas sociedades de insectos sociais (formigas e abelhas). Sendo que a tomada de decisão se baseia nos consensos alcançados pelos insectos sociais, isto concretiza outro objectivo proposto, o de usar formas de decisão descentralizadas, ou seja, a escolha de qual a música que passará, é feita democraticamente dependendo do colectivo e não de um único elemento.

Depois de criado o protótipo final, é necessário tentar recriar o mais semelhante possível a mesma forma de decisão deste e implementá-la na aplicação *MobileJukebox*.

Os desafios tecnológicos também estão presentes no que respeita investigar as linguagens de programação para dispositivos móveis, como conectar dispositivos numa rede *wireless* e como é feita a comunicação de modo a poderem partilhar músicas.

Um objectivo importante é fazer com que a aplicação possa ser usada no maior número de dispositivos *smartphones* possível.

Em anexo é mostrado através de um mapa de *Gantt* o tempo previsto e o tempo real gasto para cada tarefa (Anexo A e B).

## 1.3 Contribuições

Neste projecto é proporcionada uma experiência de música em grupo. Todos os utilizadores podem seleccionar as suas próprias músicas para que possam vir a ser tocadas pela *MobileJukebox*. Apesar da escolha de música ser feita na sua maioria pela própria aplicação, há uma pequena parte que permite ao utilizador contribuir activamente nessa escolha. O utilizador pode gostar ou não da música actual, seleccionando o botão respectivo para que em caso afirmativo melhore o valor do *DJ* actual, fazendo com que este tenha mais hipóteses de passar outra música sua, ou em caso negativo, diminuir o valor deste aumentando as hipóteses de outros *DJs* passarem as suas próprias músicas.

A *MobileJukebox* contribui positivamente para a divulgação de estilos musicais e músicas que são desconhecidos para certos utilizadores, podendo ou não fazer com esses utilizadores se tornem seguidores desses estilos ou músicas.

Após a leitura de vários artigos sobre o comportamento social entre animais, selecionei dois, um de abelhas e um de formigas, que representavam mais detalhadamente os estados de cada um dos elementos das colónias.

O comportamento das formigas *Temnothorax albipennis* permite à colónia escolher o melhor ninho de entre os vários existentes, mesmo que muitas das formigas batedoras encontrem apenas um ninho. Ao encontrar um ninho a formiga avalia-o e de seguida recruta outras batedoras para este. O tempo de avaliação varia consoante a qualidade do ninho e a colónia só se desloca para um novo quando a maioria das formigas estiverem de acordo, ou seja, quando houver um consenso.

O comportamento das abelhas *Apis mellifera* permite à colónia seleccionar um ninho quando confrontado com uma escolha de vários. A decisão colectiva pode ser alcançada sem a necessidade de qualquer abelha fazer a comparação entre ninhos diferentes. O tempo que uma abelha tem para recrutar outras é tanto mais eficaz quanto a qualidade do ninho.

Para ambos os comportamentos o consenso alcançado é democrático e as colónias não se dividem no processo.

Foram criados modelos em *Netlogo* para simular o comportamento social tanto de abelhas como de formigas. Consequentemente foi discutido qual seria o modelo que poderia ser usado numa aplicação para dispositivos móveis. O resultado alcançado dessa discussão foi a escolha do modelo de abelhas, que no seguimento foi alterado para um novo modelo, de modo a que as suas características principais pudessem ser usadas na *MobileJukebox*.

Para todos os modelos criados foram feitas cerca de cinquenta simulações para verificar se os resultados obtidos eram os mesmos encontrados nos artigos seleccionados.

Já na aplicação *MobileJukebox* foi definido que cada ninho era um dispositivo móvel, ou seja um DJ, o player que toca as músicas seria o ninho actual na qual as abelhas começam a sua busca e estas seriam os objectos que decidem qual o próximo *DJ* que envia as suas músicas para o player.

## 1.4 Estrutura do documento

Este documento está organizado da seguinte forma:

- Capítulo 2 – Decisões colectivas em Animais

Neste capítulo é descrito o trabalho relacionado com o presente projecto no que respeita às tomadas de decisões colectivas.

- Capítulo 3 – Formas de Ouvir Música

- Neste capítulo é descrito o trabalho relacionado com o presente projecto no que respeita às aplicações já existentes no mercado, um pouco sobre a história de como se ouvia música social ou individualmente e o enquadramento tecnológico da aplicação.

- Capítulo 4 – Modelos *Netlogo*

Neste capítulo é descrito a escolha do comportamento social entre os animais que será usado na aplicação assim como descrevemos a prototipagem em *Netlogo* dos mesmos.

- Capítulo 5 – *MobileJukebox*

Neste capítulo descrevemos a aplicação e o seu funcionamento.

- Capítulo 6 – Discussão e Trabalho Futuro

Neste capítulo é feita uma breve conclusão acerca do trabalho realizado, onde é exposta uma visão crítica do projecto e apresentada alguma motivação para trabalho futuro de extensão e melhoramento do produto realizado.

- Bibliografia e Referências

Referência a documentos, livros e páginas Web que serviram de fonte de consulta para a realização do projecto.

## Capítulo 2 Decisões Colectivas em Animais

Neste capítulo são discutidos os trabalhos relacionados com a aplicação a realizar relativamente ao processo de decisão que será usado nesta.

### 2.1 Decisão colectiva

*Larissa Conradt (2013)* menciona no seu artigo o papel importante que a decisão colectiva tem nas vidas de vários animais sociais. Este tipo de decisão varia desde o simples acto de procurar um novo local para comer como encontrar um novo ninho, descansar ou obter protecção. As decisões colectivas consensuais oferecem três grandes vantagens a um grupo de animais: manutenção da coesão do grupo, o aumento da precisão da decisão quando comparada com uma decisão individual e o aumento da rapidez da tomada de decisão (*Sumpter e Pratt, 2008*). Na ausência de uma hierarquia e de um controlo centralizado, as decisões consensuais tomadas dependem de uma exploração individual, da avaliação independente das opções em jogo e das interações entre os indivíduos em que a probabilidade de escolher uma opção aumenta com o número dos seus adeptos. É num certo balanço entre independência e interdependência que é possível conseguir que todos os indivíduos se ponham de acordo quanto às melhores opções para o grupo.

Escolher o mesmo destino que os seus colegas, pode ser importante para a defesa do grupo, andando em manada ou em bando. Nesse sentido, conseguir que o grupo faça uma única escolha e que não se divida pode ser vital. A coesão é uma medida que indica em que grau os indivíduos estão de acordo quanto às suas opções. O comportamento de imitação é claramente um exemplo de promoção do consenso.

Para além da coesão, não basta decidir-se por uma das opções consensualmente. É principalmente importante que o grupo tenha uma elevada precisão na sua escolha, o sucesso de uma colónia depende das decisões correctas que são alcançadas. O facto de existirem mais indivíduos, pode trazer uma maior diversidade de opções e seus valores, sendo as avaliações das diversas opções sujeitas a erros individuais. Uma integração colectiva da informação pode

trazer vantagens, reduzindo os erros e aumentando a probabilidade de tomar boas decisões. É a sabedoria das multidões (*Surowiecki, 2004*).

Outra vantagem é a rapidez da decisão. Um grupo pode explorar o universo de opções muito mais rapidamente do que um indivíduo a solo, mesmo que não utilize todos os indivíduos para explorar e avaliar o universo de opções. Se tiver uma forma eficiente de integração das diferentes informações recebidas e uma rápida emergência de um acordo total, o que acontece na natureza, o grupo pode tomar uma decisão de qualidade mais rapidamente do que um indivíduo solitário. Um indivíduo ao copiar a opção de outro mais bem informado estará a aumentar a coesão e a rapidez.

## **2.2 Espécies de insectos sociais**

O livro de *David J. T. Sumpter (2010)* apresenta várias formas de decisão colectiva no mundo animal, para além das formigas e abelhas que falaremos mais à frente, fala também das baratas *Blattella germanica* e como estas chegam a uma decisão quando lhes é apresentado dois ninhos idênticos. Este tipo de baratas tende a agrupar-se de modo a reduzir a perda de água dos seus corpos, provocado pelo calor do sol em locais escuros. Esta aglomeração deve-se em parte a agentes químicos libertados pelos seus corpos, que atraem outros companheiros para perto de si, criando grupos extensos de indivíduos. Diferentes estirpes de baratas libertam odores diferentes, pelo que cada indivíduo tende a juntar-se a outro da mesma espécie. Foram realizadas experiências envolvendo baratas da mesma estirpe ou de estirpes diferentes, que eram colocadas numa arena com dois ninhos idênticos que conseguissem albergar todas elas. Os resultados obtidos indicaram que cerca de oitenta por cento das baratas escolhiam o mesmo ninho, independentemente se eram da mesma estirpe ou não.

As lagartas sociais são outro bom exemplo de decisão colectiva. Estas baseiam o seu comportamento social na procura de alimento ou quando têm a necessidade de descansar e necessitam que outros elementos fiquem de sentinelas (*Dussutour et la., 2007*). Ao contrário das formigas, abelhas e baratas, as lagartas apenas se juntam em colónias durante uma pequena parte das suas vidas. Existem três tipos de estratégias no processo de decisão colectiva na busca por alimento: o sedentarismo, o nomadismo e o comando central ou sede de operações.

No sedentarismo, os indivíduos da colónia confinam a sua actividade de alimentação a um local específico normalmente criando uma redoma de seda à sua volta, providenciando defesa e um local para descansar enquanto se alimentam.

No nomadismo, as lagartas (por exemplo as *Malacosoma disstria*) procuram alimento livremente ao seu redor sincronizando os momentos de comer e de descansar com os restantes indivíduos da colônia. A integridade da colônia é mantida com rasto de feromonas. A estratégia comando central é a menos comum encontrada nas lagartas sociais. Baseia-se na criação de um local permanente onde as lagartas podem descansar, saindo ocasionalmente em conjunto para se alimentarem, voltando depois novamente para esse local. Esses locais podem ser chamados de centro de comunicações onde as lagartas com fome são alertadas para locais onde haja comida. Normalmente são enviados batedores para procurar comida, voltando depois para o ninho deixando atrás de si um rasto de feromonas indicando o local de alimentação para as outras lagartas.

As formigas da espécie *Temnothorax* (antes *Leptothorax* (Pratt et al., 2002)) *Albipennis* são formigas muito pequenas (máximo 3mm de comprimento) formando colônias compostas por não mais do que quinhentos indivíduos e uma única rainha (Franks e Sendova., 1992). Os seus ninhos, situados nas fissuras das rochas, são dos mais pequenos e mais simples no mundo dos insectos sociais. As colônias desta espécie de formigas constrói uma parede circular à sua volta, feita de pedrinhas e a fissura fornece o chão e o tecto do ninho (Franks e Sendova, 1992; Franks e Deneubourg, 1997). Estes ninhos são delicados, podendo facilmente deteriorar-se e tornarem-se inabitáveis devido às perturbações mecânicas das rochas e às inundações, obrigando a colônia a ter que mudar de casa com mais ou menos urgência.



A emigração de uma colônia de insectos sociais e a caça de um novo ninho exige a recolha e partilha de informação e uma escolha colectiva de toda a colônia, sendo considerada uma das decisões colectivas mais difíceis que os insectos sociais enfrentam (Franks et al., 2002). Para a coesão da colônia é necessário que esta não se divida, emigrando o mais possível na totalidade para o novo ninho, sendo fundamental uma escolha consensual quanto ao local para o futuro ninho. Mas as colônias de formigas não possuem um centro decisório nem um líder, sendo uma sociedade totalmente descentralizada e constituída por numerosos indivíduos, que são muito limitados ao nível cognitivo e quanto à capacidade de recolha de informação. As formigas são entidades autónomas e cooperativas, distribuídas pelo meio-ambiente, que exibem comportamentos simples e probabilísticos de estímulo e resposta, tendo acesso apenas a informação local.

Sendo assim, sem a liderança de uma formiga ou de uma casta de formigas e sendo individualmente tão limitadas, de que modo é que a colônia é capaz de se pôr de acordo quanto à escolha do futuro ninho? Em alguns casos, terá de o fazer com a máxima urgência, reduzindo a exposição da colônia aos predadores, as hesitações ou dissidências podem ser

fatais (*Lindauer, 1957*). É preciso explorar o meio-ambiente e recolher informação sobre os lugares mais favoráveis para serem seleccionados. É necessário também ser capaz de avaliar os lugares verificando os seus atributos, entre os quais: a luminosidade, o acesso e altura da entra bem como verificar se as áreas das cavidades são adequadas à dimensão da colónia. Elas poderão até ter de comparar entre si a qualidade de diferentes lugares. A diversidade da informação recolhida pelas formigas, conflituosa e sujeita a erros, terá de ser integrada pela colónia. Depois, é preciso fazer uma escolha consensual, reconhecer o consenso e pôr em prática a emigração de toda a colónia.

Os passos essenciais são: recolher informação, avaliação, deliberação, construção do consenso, escolha e implementação (*Franks et al., 2002*).

A escolha de um novo ninho é significativamente mais rápida quando as condições são adversas, mas isto implica que a precisão também diminua, aumentando os erros cometidos pelas formigas (*Franks et al., 2003*). Estes erros são de julgamento pois apesar de conhecerem todos os ninhos, as formigas podem não escolher o melhor. Esta espécie de formigas permite que o número de indivíduos que são necessários para chegar a um consenso, diminua de modo a tornar mais rápida a sua migração em condições adversas. Quanto mais rápido é uma decisão, menor será a precisão em escolher o melhor ninho entre as alternativas. Os investigadores observaram que nos casos em que há dois lugares em competição, muitas formigas visitam e comparam os dois lugares, preferindo o melhor deles, mas cinquenta por cento das batedoras apenas visitam um dos lugares.

A caça de uma nova casa foi estudada em laboratório devido às pequeníssimas dimensões das formigas (*Sendova-Franks e Franks 1995; Franks e Sendova-Franks 2000; Pratt et al., 2005*). Chegou-se à conclusão que o mecanismo de decisão colectiva utilizado pelas *Temnothorax albipennis* tem tanto de sofisticado como de uma surpreendente simplicidade. (*Franks et al., 2002*). Quando uma colónia está à procura de uma nova casa, lança no exterior uma minoria de batedoras (cerca de trinta por cento dos adultos) que vão explorar o meio-ambiente (uma área em redor do ninho de um a dois metros quadrados) e procurar e inspeccionar cavidades nas rochas. Elas preferem ninhos menos iluminados, com entradas estreitas (1mm é preferível a 4mm) e tectos mais elevados (1.6mm é preferível a 0.8mm) sendo estas características fáceis de avaliar pelas formigas. No entanto, a área terá de ser suficiente para albergar toda a colónia e isso é muito mais difícil de ser avaliado implicando várias visitas ao lugar. Esta área pode ser muito maior do que o tamanho de uma formiga, como por exemplo, os estudos feitos em laboratório, em que os ninhos potenciais tinham uma dimensão cem vezes superior ao de uma formiga. Na sua primeira visita a um lugar, uma formiga deposita um trilho químico com a sua assinatura individual de feromonas, à medida que vagueia pelo chão da fissura. Abandona o lugar e na segunda visita calcula a frequência com que encontra o seu próprio rasto químico largado na visita anterior. Assim, poderá ter a

noção da área do chão do ninho independentemente da sua forma. Uma maior frequência de encontros com o trilho antigo implica uma área menor e vice-versa.

Logo que encontram uma cavidade que acham que é adequada, regressam ao ninho para recrutar outras formigas, uma de cada vez, em *tandem*. Esse recrutamento implica encontrar um parceiro de ninho disponível e levá-lo vagarosamente até ao novo lugar (1.5mm por segundo). Deste modo, a formiga recrutada fica a conhecer o caminho para o lugar que está a ser promovido pela recrutadora. O recrutamento individual em *tandem* pode ser considerado como um recrutamento de recrutadoras. As formigas recrutadas irão fazer as suas próprias avaliações e só depois recrutarão ou não para os ninhos para onde foram transportadas. As formigas que estão a regressar ao ninho podem encontrar pelo caminho outras batedoras e neste caso podem ocorrer duas situações: ou esta leva a batedora que encontrou para o novo ninho para que o possa avaliar, ou então esta é levada por essa batedora para um outro ninho para que o possa também avaliar. A possibilidade das formigas compararem directamente diferentes ninhos é discutida por *Robinson et al. (2009)*. Muitas decisões individuais são feitas comparando directamente as alternativas existentes. No caso de decisões colectivas, apenas alguns membros têm a oportunidade de comparar as alternativas. Neste artigo é demonstrado que a troca de ninhos durante o processo de decisão pode influenciar a escolha do ninho sem a necessidade de comparação directa dos mesmos. As formigas que tiveram hipótese de comparar ninhos têm pouca relevância na escolha do melhor.

Nas experiências em laboratório detectou-se que há uma relação directa entre a qualidade dos ninhos e a probabilidade de as formigas darem início ao recrutamento em *tandem*. Essa probabilidade é tanto maior quanto melhor for a qualidade dos ninhos, implicando menores períodos de latência de recrutamento, i.e. a distância temporal que medeia entre a primeira visita ao lugar e o início do recrutamento. Sendo assim, as formigas são capazes de avaliar um conjunto de opções alternativas usando apenas uma minoria de elementos que visitam directamente os lugares. As batedoras traduzem os seus juízos em comportamentos de recrutamento que não são moduláveis, são sinais binários de tudo ou nada: ou se promove um lugar e se recruta ou não. A mensagem da recrutadora em *tandem* é “*segue-me!*”. Não há qualquer indicação da qualidade do lugar.

Quando o número de formigas num dos lugares atingir um limiar de *quorum*, mudam para o transporte rápido com uma velocidade três vezes superior ao transporte em *tandem* (4.6mm por segundo) (*Pratt et al., 2002*), levando a rainha, as crias e as restantes companheiras da colónia para o futuro ninho. A forma como as formigas detectam que o limiar de *quorum* foi atingido é através da frequência de encontros (toques de antenas) com as outras formigas no mesmo lugar (*Stephen Pratt, 2005*).

A diferença na velocidade de recrutamento para os lugares em competição que possuem diferentes qualidades é o mecanismo fundamental para o processo de escolha colectivo. Os melhores lugares terão maior probabilidade de serem os primeiros a ser visitados por um

número suficiente de indivíduos, o limiar de *quorum*, que desencadeiam o transporte rápido que amplificará ainda mais essa diferença. A maior parte das vezes as colónias movem-se para a nova fissura na rocha numa só fase mas em certos casos pode acontecer que uma minoria de formigas se mova para um segundo lugar, exigindo mais uma fase na emigração para o lugar onde está a maioria.

As abelhas do tipo *Apis mellífera*, mais conhecida como abelha-europeia, é a abelha mais comum no mundo capaz de produzir mel. Originária na Ásia e Europa, esta abelha foi introduzida na América na altura dos descobrimentos transportada por barcos espanhóis, portugueses e ingleses. Cada colmeia possui uma abelha rainha ou abelha-mestra (medem entre 18mm e 20mm), entre onze mil e quinze mil obreiras (medem entre 10mm e 15mm) responsáveis pela grande parte das tarefas na colmeia, e cerca de mil zangões (medem entre 15mm e 17mm), os machos, que após a fecundação da rainha são considerados um peso para a colónia e morrem.



A procura de um novo ninho ocorre no fim da primavera quando a colmeia está sobrepopoada e por esta altura as novas abelhas rainha que nasceram no meio desta estação já chegaram à maturidade (Britton *et al.*, 2002; Frank *et al.*, 2002; Passino e Seely, 2006). Todos os dias a rainha deposita cerca de três mil ovos, mas é na altura da primavera que através de uma alteração a nível molecular dos ovos, são depositados alguns com futuras abelhas rainhas (Evans e Wheeler, 1999). Ao contrário dos alvéolos onde as obreiras nascem, as futuras rainhas são colocadas em alvéolos maiores e recebem uma alimentação especial, a geleia real. Como em cada comunidade só pode haver uma rainha, gera-se uma «disputa pelo poder», sendo as vencidas expulsas da colmeia.

Depois das futuras rainhas crescerem, a abelha rainha-mãe e cerca de dois terços da colónia deixa o seu antigo ninho para as suas filhas (só uma delas será a futura rainha dessa colónia) e parte à procura de um novo lugar para habitar. Como acontece com a maior parte dos insectos sociais, a sobrevivência da colónia depende da forma crítica de selecção de um bom lugar para viver. As abelhas *apis mellífera* escolhem buracos nas árvores ou em edifícios para viverem. Se a colónia ocupar uma cavidade demasiado pequena para armazenar o mel usado como combustível para gerar calor necessário para aguentar o inverno, ou se não lhe der a protecção nos invernos frios, a colónia não irá sobreviver. A casa ideal tem de ser espaçosa (quarenta litros), com uma entrada pequena virada para sul no fundo da cavidade e tem de estar a uma altura considerável de modo a evitar ursos e outros predadores. Antes de enviar as suas batedoras em busca de um novo local, normalmente as abelhas instalam-se num local

provisório não muito longe do antigo ninho para se alimentarem e se protegerem. Depois de instaladas, várias centenas de batedoras dão início à sua função procurando à volta deste local (por vezes mais de dez quilómetros de distância) um que seja favorável ao crescimento da colónia (*Britton et al., 2002*). As batedoras são algumas centenas, cinco por cento do grupo, e são em geral de meia-idade e com experiência de exploração do meio ambiente à volta da colmeia. Elas partem em várias direcções, distribuindo-se pelo espaço em redor do enxame, localizam uma dúzia ou mais de lugares potenciais e seleccionam democraticamente a sua futura habitação.

Como é que as abelhas avaliam os lugares? Como é que comunicam as suas descobertas? Como é que as centenas de batedoras, em que cada uma na maior parte dos casos apenas visita um único lugar, se põem de acordo sem que não haja ninguém a supervisionar o conflito e debate? Como é possível que a escolha colectiva recaia em geral, sobre o lugar com melhores qualidades? Os biólogos têm procurado dar resposta a todas estas perguntas desde os trabalhos iniciais de *Martin Lindauer*, nos finais dos anos quarenta, mas principalmente nos últimos trinta e cinco anos desde que *Thomas Seeley* se interessou pelos processos de decisão colectiva nos insectos sociais. Estes processos colectivos são surpreendentes porque as abelhas são individualmente muito limitadas ao nível cognitivo, como aliás acontece com as formigas, sendo impossível que uma delas sozinha seja capaz de incorporar toda a informação e tomar a decisão. Em geral, apenas um dos lugares é escolhido para a futura casa, mas em casos muito raros já foram observadas decisões não consensuais em que batedoras rivais tentam guiar a colónia em diferentes direcções. Nestas situações, as abelhas são forçadas a restabelecerem-se, recomeçando todo o processo de escolha. (*Lindauer, 1955; 1961*).

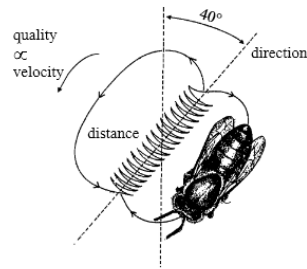
A colónia beneficia por ser uma organização descentralizada que faz uma exploração simultânea, executada independentemente pelas centenas de batedoras que trazem diferentes informações para o grupo: conhecimento sobre lugares muito bons e também outros menos bons. Nenhuma informação é filtrada e ignorada à partida. Deste modo, o enxame que está à caça de uma nova casa tira partido do facto de ser um grupo cooperativo, no fundo da sua natureza colectiva, recolhendo rapidamente — em poucas horas — uma diversidade de alternativas para serem escolhidas pela colónia. Quanto maior o leque de escolhas maior a probabilidade de encontrar um lugar de cinco estrelas. No entanto, as opções em jogo têm de ser partilhadas entre as abelhas e isso é feito através das danças de recrutamento.

As batedoras formam um verdadeiro comité de exploração e de inspecção, avaliando os lugares individualmente e de uma forma completamente independente (*Seeley, 2003*). O mesmo lugar pode ser avaliado de modo distinto por diferentes batedoras. Quando uma abelha batedora encontra um lugar com potencial, o lugar é inspeccionado e julgado em termos dos atributos que já referimos atrás: o volume da cavidade, a dimensão da entrada, a quantidade de comida que existe nas redondezas, etc. Após uma inspecção pormenorizada de cerca de trinta

minutos, a batedora, se achar que o lugar é suficientemente bom, regressa para junto da colónia, anunciando a sua descoberta através da execução de uma dança. As abelhas dançam para comunicar e partilhar informação com as outras, suas irmãs. A dança das abelhas é usada para partilhar informação sobre as zonas com flores carregadas de doce néctar ou de pólen nutritivo e, no caso que estamos a descrever, dançam para comunicar os resultados da caçada de uma nova casa.

Uma dança é composta por vários circuitos de dança, que começam exactamente no ponto em que a abelha batedora aterrou. Em cada circuito de dança ela atravessa a superfície de um lado ao outro, onde estão as restantes abelhas batedoras, vibrando o seu abdómen e saracoteando-se, e depois vira à esquerda ou direita e regressa ao ponto

de partida num movimento em semicírculo. Em cada circuito de dança, a batedora indica a direcção e a distância onde se encontra o lugar que descobriu e que está a promover. A intensidade da dança mede-se em termos do número de circuitos de dança que uma abelha executa e depende directamente da qualidade do lugar descoberto. Um lugar de sonho terá direito a uma dança



muito intensa composta por um número elevado de circuitos, e, em contraste, um lugar agradável mas não de sonho, terá direito a uma performance menos intensa e a um número menor de circuitos (Lewis et al., 2002; Schneider et al., 2001). Seeley et al. (2006) fizeram experiências em que colocaram dois lugares potenciais para ninho, um muito bom e o outro medíocre, e analisaram a diferença de intensidade nas danças de recrutamento para os dois lugares. Por exemplo, uma batedora ao regressar da primeira viagem ao melhor lugar é capaz de fazer cem ou mais circuitos de dança enquanto que faz esse circuito apenas uma dúzia de vezes para o lugar medíocre. A hipótese dos investigadores é que mesmo um lugar mau pode ser promovido caso as batedoras que dançam para ele não encontrem nada melhor. Notem que as batedoras podem visitar vários lugares antes de se decidirem por um deles. Há uma outra característica do comportamento das batedoras que tem um papel muito importante no processo de decisão colectiva. Se uma batedora selecciona e se compromete com um lugar, ela irá fazer várias visitas a esse lugar e de cada vez que regressar executa a sua dança. No entanto, a intensidade com que dança, i.e. o número de circuitos de dança, decresce em cerca de quinze unidades de cada vez que regressa a casa vinda de uma nova visita ao mesmo lugar. Isso quer dizer que a diferença no sinal de recrutamento, que já era significativa dependendo da diferença de qualidade dos lugares, é intensificada através deste processo de visitas repetidas ao mesmo lugar, que serão mais numerosas para os melhores lugares. Essa diferença é na verdade uma função exponencial da diferença da qualidade dos ninhos. Por exemplo, se duas batedoras executam respectivamente noventa e trinta circuitos de dança para dois lugares

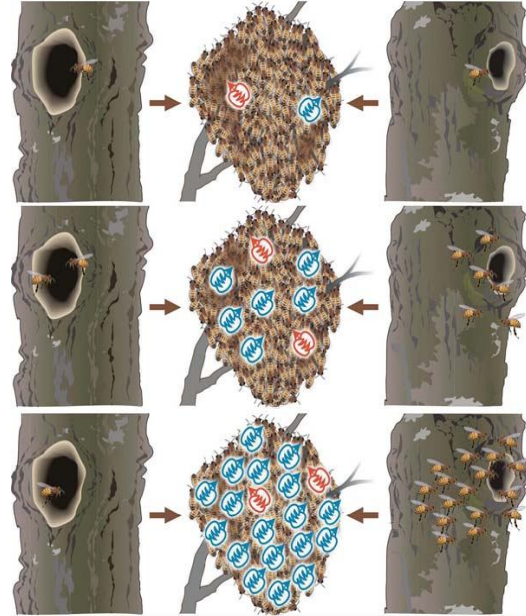
de diferente qualidade, a diferença no sinal de recrutamento não é de três mas de sete ( $90+75+60+45+30+15=315$ ) versus  $30+15=45$ ).

Logo que uma abelha cesse a actividade de dança de apoio a um dos lugares, ela faz “*reset*” e passa a descansar, abandonando o compromisso que tinha com o lugar que acabou de promover. Está assim disponível para observar as outras a dançar e até a partir à descoberta de novos lugares. As batedoras que estão descomprometidas observam e podem seguir os movimentos de uma das dançarinas, aprendendo a direcção e distância do lugar. Se forem sensíveis à dança e forem recrutadas, partem para uma visita de inspecção ao lugar. Elas irão fazer as suas próprias avaliações. Quanto maior a intensidade da dança (nº de circuitos) mais batedoras descomprometidas serão recrutadas e mais sucesso terá o respectivo lugar. No entanto, temos de ver que vários lugares estão a ser promovidos simultaneamente, ou seja, várias batedoras estão a dançar e a competir pelo recrutamento das suas colegas descomprometidas. As batedoras descomprometidas podem estar a observar várias dançarinas a executarem os seus circuitos de dança.

A selecção de um único lugar é feita de um modo engenhoso e simples sem que haja uma batedora com mais poder do que qualquer outra. Usando uma analogia com as eleições numa democracia, existem vários candidatos (os lugares); diferentes promoções dos vários candidatos (danças); indivíduos comprometidos com um dos candidatos (batedoras que dançam promovendo um dos lugares); e existe um grupo de votantes indecisos (batedoras ainda não comprometidas com qualquer dos lugares). Há um aspecto importante: de vez em quando os votantes comprometidos podem passar-se para o campo dos indecisos. Um votante comprometido com um bom candidato passar-se-á mais lentamente para o campo dos indecisos do que um votante comprometido com um candidato mais fraco. Notem que a explicação dos processos de decisão colectiva nas abelhas de mel não exige que as batedoras comparem os vários lugares entre si. Uma abelha descomprometida pode ser angariada para qualquer lugar e não necessariamente um melhor ou tão bom como o último com que se comprometeu. A eleição tende a inclinar-se a favor dos melhores lugares porque esses lugares serão melhor promovidos em média (danças mais intensas), o que leva a recrutar mais apoiantes o que irá produzir ainda mais actividade de dança para esses lugares, num efeito de bola de neve ou de *feedback* positivo. Por outro lado, os comprometidos com os candidatos que não são os melhores, são mais rápidos a descomprometerem-se e a serem facilmente seduzidos pelos melhores candidatos. O facto é quando estão em jogo ninhos potenciais de diferentes qualidades, as abelhas normalmente escolhem o de melhor qualidade (*Seeley e Buhrman, 2001*). É de notar que a passagem para o campo das descomprometidas permite também, que os melhores lugares descobertos mais tarde ainda possam ser escolhidos. Há um tempo de espera que permite a exploração e descoberta de lugares mais longínquos e eventualmente melhores.

Na verdade, é preciso apenas que um número suficiente de batedoras estejam comprometidas com um dos lugares para que ele seja escolhido, não é necessário um consenso completo. Com o decorrer do tempo, um dos lugares normalmente o melhor, atingirá um certo quórum de apoiantes, que será detectado pelas batedoras que o apoiam (Seeley e Visscher, 2003; Sumpter e Pratt, 2008), e que darão início a emigração de toda a colónia. Como é que as batedoras detectam o quórum e em que lugar? Na

pista de dança ou no lugar que estão a promover? Sabe-se hoje que a detecção do quórum é feita no lugar que seleccionaram e que estão a promover (Seeley et al., 2006). Os apoiantes de um determinado lugar continuam a ir visitá-lo e se no momento em que o visitam encontrarem por exemplo cerca de quinze abelhas nesse lugar, então o limiar de quórum é satisfeito. Reparem que quinze abelhas no mesmo lugar num determinado instante significa que há cerca de cento e cinquenta que o apoiam, porque as abelhas passam a maior parte do tempo com o enxame. Ainda não se sabe como é que as abelhas contam o número de batedoras que estão num



lugar. Elas poderão utilizar informação olfactiva, táctil ou visual para esse efeito, mas desconhece-se exactamente como o fazem. Uma das hipóteses sobre a função das visitas repetidas ao mesmo lugar, para além da amplificação da intensidade da promoção, indica que essas viagens servem para que as batedoras sejam vistas no lugar, mostrando que o estão a suportar, e também para elas próprias verificarem se o quórum já foi atingido (Seeley et al., 2006).

Aparentemente a escolha de um novo ninho é alcançado com pouca ou nenhuma comparação directa entre os diferentes ninhos existentes, mas sim através de dois factores importantes: *feedbacks* positivos que aumentam o número de recrutadoras aliadas a um bom ninho e o número reduzido de recrutadoras que encontram ninhos com qualidade inferior à desejada (Camazine et al., 1999).

Logo que o quórum seja detectado, as abelhas que o detectaram regressam ao lugar onde o resto da colónia se encontra e começam a produzir um som especial muito agudo que indica às outras que necessitam de começar a exercitar os músculos para voarem para o novo ninho (Sumpter e Pratt, 2008). Este comportamento tem o nome de *piping* e o som resultante é parecido com o que é produzido por um motor de um carro de corrida. O comportamento de *piping* começa antes de se atingir um consenso, mas como o processo dura perto de uma hora, há tempo suficiente para que se atinja o consenso antes do enxame partir em bloco. Quando

chega a altura de voar milhares de abelhas deixam o local provisório e deslocam-se em bloco para o novo ninho. Como é que o enxame de abelhas se dirige impecavelmente por entre florestas e montanhas, pântanos e lagos até um ponto específico do terreno, um buraco numa árvore ou edifício?

Só as batedoras adeptas do ninho que alcançou a maioria é que sabem a localização exacta deste, e são elas que têm um papel importante quando o enxame se está a deslocar, guiando-o correctamente para a nova casa. Para tal, estas abelhas indicam o caminho voando a grande velocidade desde o topo do enxame até à sua dianteira, indicando a direcção do ninho, voltando depois mais devagar novamente para o topo para poder repetir o ciclo. Eventualmente o enxame acaba por chegar à sua nova casa e as batedoras alinham-se à sua entrada libertando um sinal químico produzido no seu abdómen para indicar às restantes abelhas que este é o seu destino final, a nova casa. Lentamente todas as abelhas começam a juntar-se nesta entrada, seguidas um pouco mais tarde (cerca de dez minutos) da rainha que entra directamente para a cavidade. Passados alguns minutos depois da rainha entrar, todas as abelhas já se encontram dentro da sua nova casa em segurança.



## Capítulo 3 Formas de Ouvir Música

Neste capítulo é descrito o trabalho relacionado com o presente projecto no que respeita às aplicações já existentes no mercado, um pouco sobre a história de como se ouvia música social ou individualmente e o enquadramento tecnológico da aplicação.

### 3.1 Evolução dos dispositivos musicais

A música representa um papel importante na sociedade porque relaxa e aumenta os níveis de energia de uma pessoa. Uma das razões na qual é usada, deve-se ao facto de fomentar a interacção social e se as associarmos com alguns tipos de culturas, eventos, eras, pessoas ou modas, representa também um papel sofisticado em extrair comportamentos sociais congruentes e estilos de conversações apropriados.

A propriedade social de uma música e a sua capacidade de afectar as acções sociais não é apenas uma preocupação dos consumidores. A relação entre a música que toca num local público e o comportamento de um indivíduo aí presente está cada vez mais ilustrado em artigos e livros. Esta relação originou um interesse entre as facções económicas e políticas em dissuadir ou encorajar determinados comportamento entre grupos sociais com o intuito de obter algum proveito financeiro ou social. Existem alguns estudos que demonstram este proveito, mostrando que o dinheiro gasto por um indivíduo, o tempo que gasta num local, que marca escolhe ou o seu consumo alimentar, pode variar consoante o tipo de música de fundo que está a tocar (*O'Hara e Brown, 2010*).

*Krause et la. (2013)* descrevem no seu artigo um estudo sobre o tipo de dispositivos musicais que os participantes escolhem quando querem ouvir música em diferentes alturas do dia. O resultado obtido indica que o rádio, *MP3* e o computador são os mais utilizados ao longo do dia. Para além disso, observou-se também que a escolha de músicas varia consoante a hora do dia.

O século vinte e um está a mudar a forma como as pessoas interagem com a música. Esta já não está restringida a concertos ou emissões de rádio, podendo agora ser acedida digitalmente através de *Smartphones*, *Tablets* ou aplicações para computador que permitem difundir milhões de músicas pedidas. Como resultado, as pessoas têm mais oportunidades de integrar a música nas suas vidas diárias, que outrora era impossível.

Ao longo do tempo os dispositivos musicais foram-se alterando à medida que a tecnologia ia avançando, desde o fonógrafo usado no final do século dezanove até meio do século vinte, passando pela *jukebox* até aos *Smartphones* usados hoje em dia. Enquanto alguns destes dispositivos fomentaram a interação social, outros reduziram drasticamente essa interação fazendo com que a música apenas fosse ouvida por um único indivíduo.

O fonógrafo [4] foi criado por *Thomas Edison* no século dezanove e permitia pela primeira vez reproduzir e gravar sons no mesmo aparelho através de cilindros. Só alguns anos mais tarde e depois de melhorado algumas das características do fonógrafo é que este começou a ser usado um pouco por todo o mundo. Com o aparecimento do gramofone [5], que usa discos achatados e que permitem a sua produção em massa, o fonógrafo começou a entrar em declínio pois a sua produção não poderia ser industrial, não tinha espaço para capas e dois cilindros com a mesma música do mesmo artista não eram exactamente iguais. Em 1925 apareceram as gravações eléctricas, o fonógrafo não adere a esse tipo de gravações e quando o tenta fazer uns anos depois, é tarde de mais pois com a grande depressão americana, a companhia que o produzia entra em falência. Ambos os aparelhos foram usados especialmente em ambientes sociais.

A *jukebox* nasceu oficialmente em 23 de Novembro de 1889 e a sua primeira demonstração pública ocorreu em São Francisco no restaurante *Palais Royal*. O operador na altura era o *Louis Glass* ficando hoje em dia reconhecido por muitos como o inventor do conceito da *jukebox*. Nesta altura os instrumentos a moeda, usavam os rolos de papel para o piano, cilindros para o fonógrafo ou discos para o gramofone. O conceito de *jukebox* começou a ser usado na década de quarenta e o formato da máquina usada em bares ou lanchonetes é o mais conhecido até aos dias de hoje. A grande popularidade da *jukebox* decorreu nas décadas de quarenta, cinquenta e sessenta mas especialmente na década de cinquenta em que a maioria dos discos produzidos na altura eram feitos especialmente para a *jukebox* com músicas de *rock and roll*. No que respeita a ouvir música socialmente este aparelho foi um dos mais usados um pouco



por todo mundo na história da humanidade. O seu declínio deveu-se ao aparecimento de dispositivos móveis de música que a *jukebox* não conseguiu fazer face.

A *Boombox* [6] é um dispositivo musical móvel que usa cassetes e mais recentemente *CDs* e que geralmente possui duas ou mais colunas. Este dispositivo móvel foi muito usado na década de setenta entre os jovens de todo o mundo, especialmente nos E.U.A. e Japão, pois não só possibilitava levar a música para qualquer lado como permitia ouvi-la num volume bastante superior ao habitual. A *Boombox* não só usava o rádio para ouvir música como permitia o uso de cassetes. As cassetes foram um produto inovador na altura pois não só eram mais pequenos e fáceis de transportar como permitia às pessoas gravar as músicas que mais gostavam, criando as suas próprias *playlists*. Devido a estas vantagens a *Boombox* normalmente era usada socialmente entre grupos de amigos, aumentando a interacção social entre pessoas.



Poucos anos mais tarde e com o sucesso da *Boombox*, a *sony* teve a ideia de criar um aparelho que permitisse ouvir cassetes e rádio mas que fosse para uso pessoal, nascendo assim o *Walkman* [7]. Este produto foi o primeiro de muitos que lhe seguiriam até aos dias de hoje, baseados no uso pessoal. Com o aparecimento do *CD*, a qualidade da música tornou-se superior à encontrada nas cassetes, fazendo com que estas caíssem em desuso e conseqüentemente a diminuição do uso do *Walkman*. De modo a utilizar o *CD* em leitores de música pessoais, foi criado na década de oitenta o *Discman* [8] para esse efeito.



Com a era digital a ter cada vez mais importância no mundo, a indústria musical teve de repensar a forma como a música em si poderia ser melhorada em termos de qualidade e espaço de armazenamento. O *MP3* [9] é um formato de áudio digital que usa a compressão “*lossy*” para reduzir a quantidade de dados necessários para representar uma música, descartando aqueles que não são necessários. Normalmente é descartado uma grande parte dos dados, mas nunca a suficiente para que um ouvinte perceba a degradação originada. Este formato tornou-se até aos dias de hoje, o formato mais usado pelos leitores de música por todo o mundo.

No início deste século a *Apple Inc* [10] lançou o *iPod* [11], um aparelho de áudio digital portátil que usufruía do *Software iTunes* [12] criado meses antes. Este *Software* permite aos utilizadores da *Apple* ouvir, transferir e organizar músicas e vídeos nos seus dispositivos. Para além disso o *iTunes* possui uma loja onde os utilizadores mediante pagamento podem adquirir músicas, vídeos, filmes, livros, etc....

Nos dias de hoje são essencialmente usados os *Smartphones* para ouvir música. Os *Smartphones* são telemóveis com funcionalidades parecidas aos computadores pois não têm, para já, o poder computacional que um bom computador tem. Estes telemóveis podem usar milhares de aplicações incluindo aplicações musicais, permitem aceder à internet ou conectar-se com outros *Smartphones*. Os sistemas operativos mais usados são o *Android* da *Google*, *iOS* da *Apple*, *Windows Phone* da *Microsoft* e o *BlackBerry*s da *RIM*.

## **3.2 Aplicações de música**

### **3.2.1 Aplicações na WEB**

A tese de mestrado *EcoJukebox* foi um protótipo de uma aplicação WEB desenvolvido pelo João Lobo em 2011/2012 na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa que teve como principal objectivo estudar várias formas de decisão na selecção de músicas com base no contexto, nos organismos de média existentes e na interacção com as pessoas presentes. Foi também realizada uma avaliação do utilizador, que se baseou em: utilização do sistema, questionários e entrevistas para obter resposta sobre os algoritmos e interacção. Os resultados apresentam a *EcoJukebox* como uma plataforma agradável e divertida para a decisão em grupo, que motiva muito os utilizadores para a utilização de sistemas de reprodução de música em grupo e para a partilha de informação musical.

A *EcoJukebox* tal como a *MobileJukebox* baseia-se no anonimato dos utilizadores, ou seja, não se sabe quem insere as músicas, a escuta de música é social e o controlo de selecção de músicas é híbrido pois apesar de o utilizador não ter controlo directo na selecção de músicas pode influenciar na sua escolha com base em votações

Este projecto difere no tipo de plataforma e na existência de partilha de informação. Enquanto a *EcoJukeBox* é realizada numa plataforma Web e as músicas são partilhadas para

uma pasta na *Dropbox*, a *MobileJukeBox* será realizada em plataformas para dispositivos móveis e as músicas da *playlist* não são partilhadas. Outro aspecto importante deve-se ao facto da *EcoJukebox* ter um sistema de votação que será usado na selecção de músicas, enquanto na *MobileJukebox* esse sistema é usado para decidir quem será o próximo *DJ*.

*iTunes* [12] é um leitor que permite guardar todas as músicas e filmes de um utilizador e ouvir ou ver onde este quiser. Numa fase inicial este leitor apenas podia ser usado em computadores com o sistema operativo da *Apple* (*Macintosh*) ou da *Microsoft* (*Windows*) e só mais tarde é que começou a ser usado em *Smartphones* da *Apple Inc.*. Para além de poder adicionar ao *iTunes* músicas existentes nos dispositivos do utilizador, esta aplicação possui uma componente que permite ao utilizador comprar álbuns ou músicas na loja da *Apple* a *iTunes Store*. O utilizador pode criar *playlists* com temas diversificados para diferentes tipos de hora ou locais. Com o *Rendezvous*, um protocolo de rede que permite partilhar e descobrir informação, os utilizadores de uma rede em comum podem verificar e ouvir as músicas partilhadas por outros através do *streaming* da mesma. Um efeito secundário negativo deste mecanismo é o facto de o *stream* parar caso o utilizador que o está a fazer, desligar o seu *iTunes*.

Para além de partilhar informação com outros utilizadores da rede e apenas poder ser usado ou por computadores ou por *Smartphones* da *Apple Inc.* o *iTunes* difere para a *MobileJukebox* num outro aspecto importante, o facto de não ser ouvido socialmente.

Recentemente foi criado um novo conceito que permite a um utilizador a partir de casa ou do seu *Smartphone* ligar-se a uma festa online, onde utilizadores juntam-se para ouvir música em conjunto, falar através de um *chat* sobre qualquer tema e descobrir novas músicas.

A *Online Listening Room* [13] é um fenómeno nos dias de hoje pois apesar de estarmos fisicamente sozinhos, na *Listening Room* estamos rodeados de pessoas com quem podemos interagir socialmente.

Cerca de uma centena de aplicações foram desenvolvidas até esta altura usando este conceito mas as mais utilizadas são a *Outloud.fm*, *Turntable.fm* e mais recentemente a *Google+* através do *Hangout*.

A *Google+* através da plataforma *Hangout* [14] possibilitou não só o uso de conversações por voz e vídeo entre os utilizadores de um círculo (conjunto de amigos pertencentes a um grupo) como permitiu mais recentemente a possibilidade de criar uma festa privada entre os utilizadores desse círculo para ouvir e falar sobre músicas assim como escolher qual a

próxima a passar. Para isso basta aos utilizadores instalarem o aplicativo do *Youtube* [15], considerado o maior serviço de partilha de vídeos do mundo, no *Hangout*. Depois desse aplicativo estar instalado basta procurar as músicas que queremos ouvir e adicioná-las à lista de reprodução. A música que passará de seguida será a que estiver em primeiro nessa lista.

A única característica que se assemelha à *MobileJukebox* é a escuta social, pois a escolha de músicas não é anónima, o seu controlo da selecção é feito de forma directa pelos utilizadores, não é móvel e há partilha de músicas entres os utilizadores.

A *Listening Room* mais ouvida é a *Turntable.fm* [16], que é um serviço social de músicas apenas usado nos E.U.A. mas que já conta com centenas de canais de música criados e milhões de utilizadores inscritos. Este serviço é viciante não só porque permite ouvir música socialmente como permite ao utilizador criar e melhorar o seu avatar consoante os pontos que vai ganhando quando é ele o *DJ* dessa festa. De modo a poder inscrever-se neste serviço é necessário ao utilizador ter algum amigo no *Facebook* [17] já inscrito no serviço. A interface é bastante simples, não contendo um número muito grande de opções que possam fazer com que o utilizador se perca. Depois de um utilizador fazer *login* irá aparecer um menu com as salas disponíveis, sendo que no topo da lista aparecem as salas onde os seus amigos estão a ouvir música e depois são ordenadas consoante o número de pessoas existentes no seu interior. Quando um utilizador escolhe uma sala, este é levado para o seu interior podendo aqui ver o número de *DJs* que estão a passar música, no máximo cinco, o número de ouvintes, o nome da música que está a tocar na altura, um *chat* em que todos os utilizadores podem falar sobre o que quiserem, uma lista de reprodução das músicas que o utilizador gostaria de passar caso fosse um dos *DJs* e um sistema de votação. Este sistema de votação baseia-se na música que está a tocar na altura e os utilizadores podem votar se gostam ou não dessa música. Se o ponteiro chegar à zona verde, o *DJ* que está a passar a música ganha um ponto, ponto esse que acumulado com outros permite ao utilizador modificar o seu avatar com diferentes aparências, algumas delas necessitando de um número considerável de pontos mas que depois podem ser usadas para dar credibilidade ao utilizador como bom *DJ*. No caso contrário em que o ponteiro chega à zona vermelha a música actual pára e passa à seguinte. Se um *DJ* tiver o seu ponteiro várias vezes na zona vermelha este é retirado da função de *DJ* dando a hipótese a um ouvinte de ter essa função.



Quando um utilizador é *DJ* pode adicionar músicas que estão no seu computador como pode seleccionar uma da base de dados da aplicação. As músicas vão rodando entre os *DJs* existentes, mostrando através de uma aura amarela à volta do seu avatar qual o que está a tocar a música actual. O *DJ* que está a passar a música não é anónimo ao contrário do que acontece na *MobileJukebox*. Esta aplicação tem uma versão móvel numa fase beta mas a principal é numa plataforma *WEB*.

Não há partilha de playlists entre os utilizadores e o controlo de selecção de músicas é também híbrido como na *MobileJukebox* pois o utilizador não pode escolher que músicas passar, mas sim influenciar indirectamente o *DJ* que as está a passar usando o sistema de votação na música actual.

Na Tabela 1 podemos verificar as principais diferenças entre as aplicações acima referidas face à aplicação a desenvolver.

	Mobilidade	Anonimato	Partilha de Músicas	Escuta Social	Controlo de Selecção de Músicas	Escolha de Músicas ou de DJ
EcoJukebox	Não	Sim	Sim	Sim	Híbrido	Músicas
iTunes	Sim/Não	Sim	Sim	Não	Sim	Músicas
Hangout	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Músicas
Turntable.fm	Sim/Não	Não	Não	Sim	Híbrido	DJ
<b>MobileJukebox</b>	<b>Sim</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>	<b>Sim</b>	<b>Híbrido</b>	<b>DJ</b>

Tabela 1: Diferenças entre aplicações WEB

### 3.2.2 Aplicações Mobile

A *Wahwah.fm* [18], permite a múltiplos utilizadores ouvirem música de rádios personalizados, ou seja, criados por um utilizador comum, a partir de qualquer localização. Para criar uma rádio basta ao seu criador juntar algumas músicas do seu telemóvel a uma lista de reprodução e difundi-las para outros ouvirem. Esta aplicação foi criada para ajudar pessoas a conectarem-se com outras, ouvindo música ou a falarem sobre elas através de um *chat*.

De modo a manter a aplicação simples apenas é possível a uma pessoa ligar-se aos seus amigos ou então até vinte outros utilizadores desconhecidos que estejam mais perto da sua localização. Difere da *MobileJukebox* pois os utilizadores não têm nenhum controlo na selecção de músicas ou *DJ*, por outro lado, quem escolhe as músicas da *playlist* não é anónimo e partilha essa informação com todos os utilizadores ligados a este.

*FONZIE* [19] é uma aplicação para *iPhones* que pretende simular uma jukebox deixando a decisão das músicas que estão a tocar para os participantes do evento.

Para tal é necessário que o criador do evento crie um acontecimento no *FONZIE* e ligue o *iPhone* às colunas. As músicas que estiverem no *iTunes* serão as músicas disponíveis para os convidados acederem. No que respeita aos convidados basta entrar no evento seleccionar as músicas que gostavam de ouvir e esperar pela sua vez para a ouvir tocar.

Esta aplicação é muito interessante pois para além de utilizar as características de uma *jukebox*, permite também que sejam os utilizadores a decidirem quais as músicas que irão passar, escolhendo-as a partir de uma base de dados central, ao contrário do que acontece com o *MobileJukebox*.

*Jukola* [20] é uma *jukebox* interactiva desenhada para permitir a um grupo de pessoas num espaço público, escolher democraticamente qual a música a tocar. Várias músicas são dispostas no ecrã para que as pessoas possam votar na sua favorita. Os votos são feitos a partir de dispositivos móveis. Bandas e artistas podem fazer *upload* das suas músicas via internet para a *jukebox*.

Várias diferenças para a minha aplicação foram desenvolvidas nesta *jukebox*. A *Jukola* é um dispositivo físico existente num café ou bar e o utilizador através de um conjunto de músicas disponíveis escolhe qual a que gostaria de ouvir, enquanto que na *MobileJukebox* qualquer dispositivo *Android* pode ser a *jukebox* que toca as músicas. A música mais votada é a música que irá passar a seguir.

*BluetunA* e *TunA* [21] foram desenvolvidas pela *Media Lab Europe*. *TunA* foi um sistema pioneiro em tecnologias musicais móveis, combinando partilha de músicas e consciência mútua de pessoas na proximidade. O *BluetunA* tem como objectivo permitir aos utilizadores partilhar música via *Bluetooth* assim como ajudar a encontrar pessoas com os mesmos gostos musicais através de um sistema de emparelhamento de perfis. Para além disso permite também ao utilizador comprar músicas para o seu telemóvel.

A diferença da *MobileJukebox* para o *BluetunA* pende-se em dois aspectos importantes, a utilização de *Bluetooth* ao invés de *Wi-Fi* e não ouvir música socialmente, mas sim individualmente.

*The Smart Party* [22] é uma aplicação para ser usada em ambientes fechados e com várias divisões. Esta aplicação, primeiro obtém as preferências musicais de cada um dos convidados em cada uma das divisões e de seguida selecciona quais as próximas músicas que tocarão a seguir para cada uma dessas divisões. O tipo de músicas pode ir variando dentro de uma mesma divisão pois as pessoas podem entrar e sair destas, alterando o perfil musical da divisão.

Muitas diferenças para a *MobileJukebox* surgem com esta aplicação: a existência de dispositivos físicos nas várias divisões, a partilha de informação para se descobrir qual o perfil de cada utilizador e a inexistência de controlo na selecção de músicas.

*Roqbot* [23] é uma aplicação para dispositivos móveis que pode ser usado tanto em *Android* como em *iPhone*. Esta aplicação permite ao utilizador descobrir qual a música que está a tocar, pedir para tocar uma certa música e votar. A aplicação mantém um fluxo constante de músicas a tocar sem nunca parar, mesmo que ninguém as tenha seleccionado. Essencialmente usada em bares, restaurantes e festas, esta aplicação necessita que esse local tenha o serviço activo para que os utilizadores a possam usar.

Em comparação com a *MobileJukebox* a aplicação *Roqbot* baseia o seu sistema de votação na selecção de músicas e o fluxo constante de músicas sem ninguém as escolher, está implementado.

*TouchTunes Mobile* [24] é uma aplicação para dispositivos móveis que pode ser usado tanto em *Android* como em *iPhone*. Esta aplicação tem muitos seguidores no E.U.A. que a usam quando se deslocam para bares, discotecas, etc....

O local em questão basta ter a aplicação e ter umas colunas ligadas ao dispositivo móvel para se tornar o *DJ*.

Os utilizadores têm duas hipóteses: podem escolher, ficar em casa e ouvir as suas próprias músicas como se fosse um leitor de músicas ou então procurar locais na cidade que tenham a

aplicação a correr através de um mapa do estilo *GoogleMaps* e deslocar-se para lá. Estando num local público o utilizador pode verificar quem lá está e que música está a tocar. Pode procurar todo o tipo de músicas e selecciona-las para tocar.

Algumas diferenças são encontradas quando comparadas a esta aplicação com a *MobileJukebox*, nomeadamente a possibilidade de não ser usada socialmente e a possibilidade de poder escolher uma música de uma base de dados central ou de uma existente no seu telemóvel e votar para que seja a próxima a tocar.

*Playmysong* [25] é uma *jukebox* usada para festas e saídas à noite. Esta aplicação permite ao utilizador pedir para tocar certas músicas em locais patrocinados pela *Playmysong*. Permite também ao utilizador criar a sua própria festa com a ajuda de um *iPad*, *Spotify* ou aplicações *Winamp*.

Para além de poder ser usado em qualquer lado visto não ser patrocinado por ninguém, a *MobileJukebox* não partilha nenhum tipo de informação entre os utilizadores, ao contrário da *Playmysong* que permite ao utilizador partilhar a sua *playlist* com os restantes participantes.

*Undersound* [26] é uma aplicação móvel usada nas estações de metro de Londres que permite às pessoas se conectarem entre si usando a música como base para a interacção. Esta aplicação permite aos utilizadores procurar e fazer *download* de músicas que querem ouvir assim como fazer *upload* das suas próprias músicas. Para tal cada estação de metro tem um expositor que os utilizadores podem aceder para ver quais as músicas que estão disponíveis para fazer *download* ou para poder inserir uma ou mais músicas que gostaria de partilhar com outros utilizadores. Para além disso, esta aplicação permite saber por que estações de metro esta música “andou”, o tempo que está no sistema, o número de vezes que foi ouvida ou o número de pessoas que a ouviu. Entre estações os utilizadores podem também pesquisar as músicas que outros utilizadores têm no seu telemóvel e se permitido por estes, fazer *download* dessas músicas.

Em comparação com a *MobileJukebox* esta aplicação difere em alguns aspectos, nomeadamente a partilha de informação tanto de músicas como de informação referente a estas e o controlo de selecção de músicas ser totalmente feito pelo utilizador. Para além disso, a escuta não é feita socialmente e apesar de ter uma vertente móvel enquanto o utilizador está entre carruagens existe também uma vertente física quando este se desloca a um expositor para fazer *upload* das suas músicas. Caso o utilizador queira fazer *download* de uma música de outro utilizador este deixa de ser anónimo pois uma mensagem de alerta é enviada para o dono da música indicando que outra pessoa quer uma das suas músicas.

*Capital Music* (Seeburger et al., 2010) é uma aplicação para telemóveis desenvolvida para fomentar a sociabilidade das pessoas em locais públicos. Apesar de a música ser ouvida individualmente os utilizadores que possuem esta aplicação vêem o nome da música que estão a ouvir no momento aí exibida, ou seja, todas as músicas que estão a ser ouvidas pelos utilizadores desta aplicação num determinado local são exibidas para todos os utilizadores. O aspecto social encontra-se na possibilidade das pessoas anonimamente poderem comentar sobre cada uma das músicas ou apenas indicarem que gostam de uma determinada música. É interessante descobrir que a selecção de músicas pode ser influenciada quando um utilizador verifica as outras músicas que estão a ser ouvidas ou quando recebe um comentário tanto positivo como negativo.

Dois aspectos importantes que diferem da *MobileJukebox* são que a escuta é feita individualmente e existe uma partilha de informação quando é feito comentários ou um “Like”.

*Music: The Gathering* [27] é uma aplicação musical, na versão beta, usada em espaços públicos fechados que permite que as músicas de um utilizador sejam ouvidas sempre que este entra numa divisão. Para tal é necessário um computador, um *router* e um *Smartphone*. Sempre que o *router* detectar a presença de um *Smartphone* que use esta aplicação, esta actualiza a sua *playlist* adicionando as músicas existentes no telemóvel. Esta *playlist* contém uma selecção de músicas que representa o gosto geral de todos os intervenientes, essa selecção é feita obtendo todas as músicas dos utilizadores existentes numa divisão e baseando-se no estilo musical, escolher aquelas que são do gosto da maioria das pessoas.

Esta aplicação ao contrário da *MobileJukebox* é usada em espaços fechados, o controlo de selecção de músicas é feito automaticamente pelo computador e existe partilha de músicas entre os participantes do evento.

Na Tabela 2 podemos verificar as principais diferenças entre as aplicações acima referidas face à aplicação a desenvolver.

	Mobilidade	Anonimato	Patilha de Informação	Escuta Social	Controlo de Selecção de Músicas	Escolha de Músicas ou DJ
Wahwah.fm	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Não permite
FONZIE	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Músicas
Jukola	Sim/Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Músicas
BluetunA	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Músicas
The Smart Party	Sim/Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não permite
Roqbot	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Músicas
TouchTunes Mobile	Sim	Não	Sim	Sim/Não	Sim	Músicas
Playmysong	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Músicas
Undersound	Sim/Não	Sim/Não	Sim	Não	Sim	Músicas
Capital Music	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Músicas
Music: The Gathering	Sim/Não	Sim	Sim	Sim	Não	Músicas
<b>MobileJukebox</b>	<b>Sim</b>	<b>Sim</b>	<b>Não</b>	<b>Sim</b>	<b>Híbrido</b>	<b>DJ</b>

Tabela 2: Diferenças entre aplicações Móveis

## 3.3 Enquadramento Tecnológico

### 3.3.1 ANDROID

*Android* [28] é um sistema operativo baseado em *Linux* criado por uma pequena empresa chamada *Android Inc.*, desenhado inicialmente para smartphones e *Tablets*.

Em 2005 a *Google* [29], que até à altura financiava a *Android Inc.*, resolveu comprá-la pois desejava lançar um aparelho com serviços baseados em localização, mas não possuía nenhuma plataforma capaz de os satisfazer.

Em 2007 foi fundado a *Open Handset Alliance* [30], um consórcio de empresas de *Hardware*, software e telecomunicações liderada pela *Google* cujo objectivo seria melhorar os aspectos dos dispositivos móveis. O primeiro telemóvel com o sistema operativo *Android* foi vendido no último trimestre de 2008 altura em que a marca também anuncia que o seu sistema operativo passa a ser *Open Source* permitindo aos entusiastas criarem as suas próprias aplicações e permitindo também lançar actualizações e novas características muito mais rapidamente que o fabricante oficial.

Nome	Data de Lançamento
Cupcake	Abril de 2009
Donut	Setembro de 2009
Eclair	Outubro de 2009
Frozen Yogurt	Maio 2010
Gingerbread	Dezembro 2010 (versão 2.3 – 2.3.2) e Fevereiro de 2011 (2.3.3 – 2.3.7)
Honeycomb	Maio (3.1) e Julho de 2011 (3.2)
Ice Cream Sandwich	Dezembro de 2011
Jelly Bean	Julho (4.1.x), Novembro de 2012 (4.2.x) e Julho de 2013 (4.3)
Key Lime Pie	Previsão para Outubro de 2013

Tabela 3: Versões do Sistema Operativo Android

As versões até à data aparecem na tabela 3 seguindo uma lógica alfabética.

Segundo uma pesquisa feita pela *The Kantar market research company* [31] em Março de 2013, o sistema operativo *Android* representa um total de 64% de todo o mercado de *Smartphones* no mundo, liderado pelos produtos das companhias *Samsung* e *Sony*.


Em nota de curiosidade, a mascote da *Android* é um robô chamado *Bugdroid*. 

### 3.3.2 iOS

*iOS* [32] é um sistema operativo desenvolvido pela *Apple Inc* [10], usado originalmente nos seus dispositivos móveis, os *iPhone* [33]. Mais tarde esta tecnologia passou a ser usada também em outros produtos da *Apple* nomeadamente nos *iPad* [34] e nos *iPod touch* [35]. As tecnologias partilhadas pelo *iOS* e os *OS X* [36] incluem o *OS X kernel*, *sockets BSD* para comunicação em rede e compiladores *C/C++* para performance. Ao contrário do *Android* e do *Windows Phone* a *Apple* decidiu optar por não permitir a instalação do seu sistema operativo em dispositivos que não lhe pertençam.

A *Apple* permitiu aos utilizadores desenvolver as suas próprias aplicações desde que se registrassem no seu programa de desenvolvimento. A adesão neste programa é gratuita desde que o utilizador não esteja a simular as suas aplicações em dispositivos móveis, se no caso de querer testar as aplicações nestes é necessário subscrever tornando-se membro pagante no programa da *Apple*. A primeira versão deste sistema operativo foi lançada em 2008 com o nome “*iPhone OS*”. Normalmente a *Apple* lança uma nova versão do seu sistema operativo todos os anos sendo que actualmente está na versão *iOS 6*, estando previsto para o final do segundo semestre de 2013 a nova versão denominada *iOS 7*. Esta nova versão do sistema operativo trará a maior mudança de *design* desde o seu lançamento, como também novas ferramentas, layouts redefinidos e a tela de bloqueio reformulada.

Um dos *Software* mais usados e com mais fãs no *iPhone 4S* e *5* é o aplicativo *Siri* [37], uma assistente pessoal inteligente que permite ao utilizador usar a sua voz para enviar mensagens, fazer chamadas telefónicas, obter direcções, tocar as músicas que queremos ouvir ou mesmo saber notícias de dias anteriores. Este aplicativo deve ser usado como se o utilizador estivesse a falar com uma pessoa real pois foi desenvolvido para conseguir perceber o que o utilizador necessita. Na próxima versão, a *iOS 7*, a voz do aplicativo estará também disponível em masculino.

Em 2011 o *iOS* era usado em cerca de 60% de todos os smartphones e *Tablets* existentes mas à medida que os restantes rivais também foram desenvolvendo os seus sistemas operativos a *iOS* foi perdendo público, sendo que no ano a seguir, 2012, já só possuía 21% do mercado de *Smartphones* e 43% do mercado de *Tablets*. 

## Capítulo 4 Modelos Netlogo

Neste capítulo é explicado quais os comportamentos biológico entre os animais que foram usados no *Netlogo* e qual foi o escolhido para ser implementado na aplicação Android.

### 4.1 Formigas

O protótipo do comportamento biológico entre formigas baseia-se no artigo (*Pratt et al., 2005*). Para além disso algumas características do artigo foram acrescentadas ou removidas no modelo criado.

#### 4.1.1 Características a ter em consideração

Neste modelo existem três ninhos: o antigo e dois novos, sendo que o antigo é o local onde as formigas habitam actualmente e um dos dois ninhos novos será a futura casa das formigas quando estas começarem a procurar a mesma. Esses dois ninhos estão a uma distância equivalente à do ninho antigo e a diferença entre ambos vai-se basear nos parâmetros para eles escolhidos. Cada ninho tem três parâmetros associados a eles que definem a sua qualidade: a luminosidade do ninho que varia entre um e cinco, sendo que um indica que há muita luminosidade e cinco indica que o ninho é muito escuro (quanto mais escuro melhor para as formigas), o diâmetro da entrada para o ninho que varia entre 0.1mm e 2.0mm (quanto maior melhor) e o outro parâmetro é a dimensão desse ninho, que varia entre 1 milímetro (fraco por não ter espaço) e um metro (muito bom pois tem bastante espaço para a colónia). Antes de correr o modelo, o utilizador pode alterar estes valores para os que pretender ou então se quiser ser coerente com os valores do artigo, inserir os valores deste. A

qualidade dos ninhos será representada visualmente alterando as tonalidades de cada um, ou seja, o ninho mais escuro será o ninho com melhor qualidade e o mais claro o de pior.

Existem dois tipos de formigas, as trabalhadoras que serão representadas a castanho e as batedoras que irão procurar um novo local para a sua colónia viver. O seu comportamento é explicado neste capítulo em 4.1.3.



### 4.1.2 Diferenças entre artigo e modelo

Para o desenvolvimento do modelo em Netlogo das formigas, foram feitas alterações em algumas características existentes no artigo.

- As formigas que recrutam para um ninho podem procurar livremente pelo mundo outras batedoras para recrutar não sendo necessário procurarem apenas no ninho antigo ou no caminho para este.
- O uso de *tandems* inversos não é utilizado.
- Ao chegar a um consenso, as batedoras que estão no novo ninho podem optar por duas hipóteses: ou transportam formigas trabalhadoras para o novo ninho ou partem em busca de batedoras que ainda não sabem que o consenso foi obtido. Como não se sabe como é que as formigas decidem o que escolher, esta decisão no modelo usa probabilidades, sendo que cada decisão tem um meio de hipóteses de ocorrer.
- Outra incerteza deve-se ao facto de não se saber como é que duas formigas que recrutam para ninhos diferentes, ao se encontrarem, decidem qual delas é que recruta a outra para o seu ninho. Novamente o uso de probabilidades foi implementado cada uma com 1/2 de hipóteses de recrutar a outra.

### 4.1.3 Comportamento das formigas no modelo *Netlogo*

As formigas estão representadas por diferentes cores dependendo do tipo de funções que executam na altura.

**Formigas castanhas** – Formigas trabalhadoras que só saem do ninho quando forem carregadas para o novo.

**Formigas azuis** – Formigas batedoras que procuram novos ninhos.

**Formigas vermelhas** – Formigas batedoras que estão a avaliar um novo ninho.

**Formigas amarelas** – Formigas batedoras que estão a recrutar para um novo ninho.

**Formigas verdes** – Formigas batedoras que já chegaram a um consenso sobre o novo ninho.

O estado de cada formiga é descrito nas seguintes figuras.

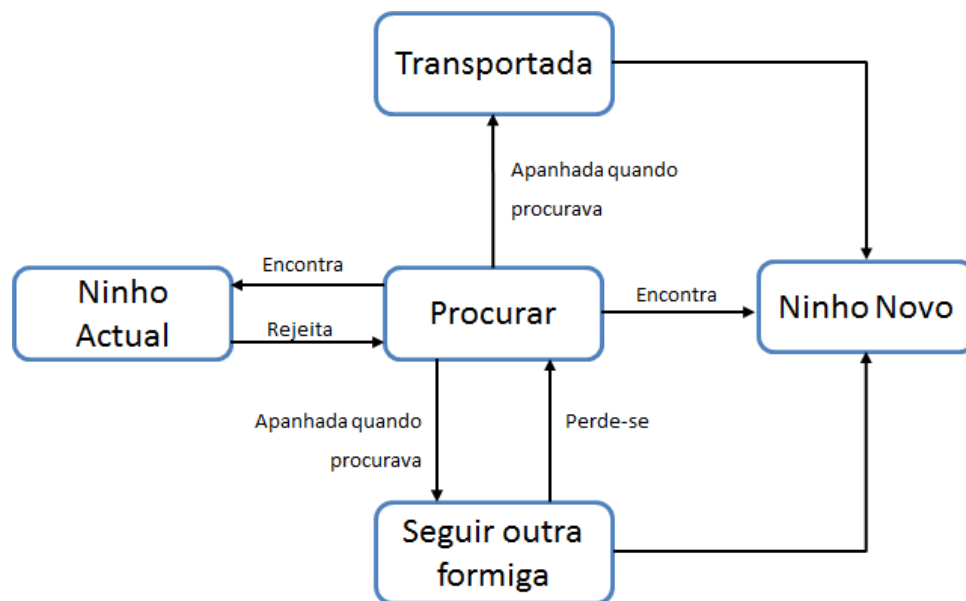


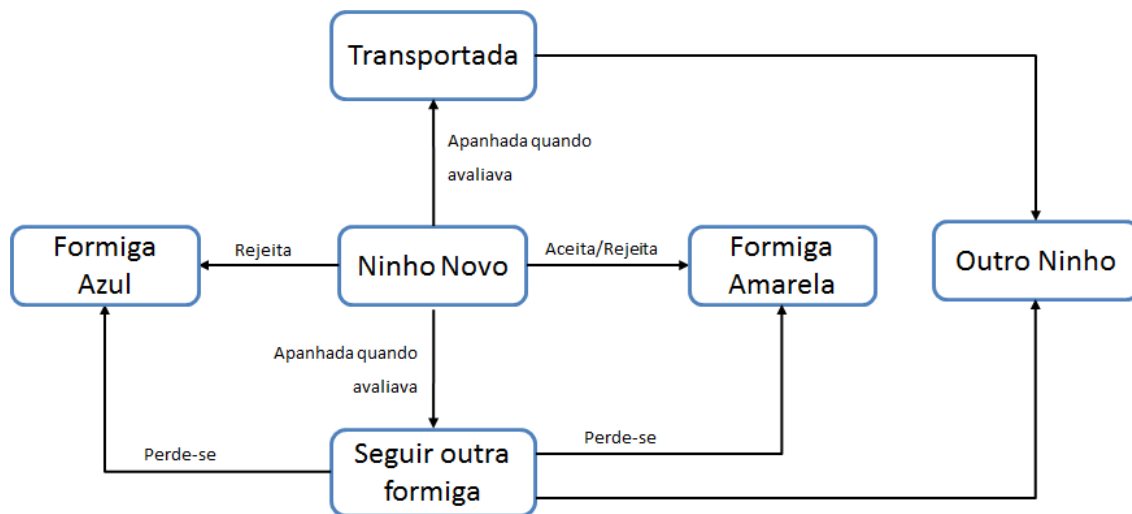
Figura 1: Estado das formigas azuis

Na Figura 1 é apresentado os estados possíveis que uma batedora azul pode ter.

Depois do ninho actual ser destruído, as formigas batedoras têm a hipótese de sair deste em busca de um novo para onde a colónia se irá instalar. A formiga tem uma probabilidade de 1/3 de sair e 2/3 de permanecer no ninho. Se sair a formiga passa a ter o estado de procura e

deslocar-se-á livremente pelo mundo em busca de um ninho. Se encontrar um potencial ninho esta avalia-o tanto dentro como nos arredores do local mudando a sua cor para vermelho (indicação que está a avaliar o ninho).

Na altura em que procura ninhos, a formiga pode se encontrar com outras, podendo em caso de encontrar uma batedora amarela segui-la até ao ninho para a qual esta está a recrutar ou outra hipótese será encontrar uma verde, ou seja, o consenso já foi estabelecido mas esta formiga ainda não o sabe, neste caso a formiga azul será transportada até ao local para onde a colónia se irá estabelecer. Em ambos os casos existe a probabilidade da formiga azul se perder da formiga que a está a transportar voltando ao estado de procura por ninhos.



**Figura 2: Estado das formigas vermelhas**

Na Figura 2 é apresentado os estados possíveis que uma batedora vermelha pode ter.

Quando uma formiga chega a um novo ninho a sua cor muda para vermelho indicando que está a avaliar o ninho. No decorrer do tempo de avaliação tanto dentro do ninho como na área em redor, a formiga pode encontrar outras formigas nomeadamente verdes ou amarelas. No caso de encontrar uma formiga amarela, a batedora vermelha deixa de avaliar o ninho e é levada para outro ninho para também aí avaliar. O mesmo acontece se encontrar uma formiga verde, só que neste caso a formiga vermelha é transportada até ao ninho para onde a colónia se irá estabelecer. No decorrer da avaliação pode ocorrer o caso de não encontrar nenhuma outra formiga, isto fará com que chegue a uma conclusão sobre o ninho. A formiga pode rejeitar ou aceitar o ninho voltando a mudar de cor para azul caso nunca tenha encontrado um

ninho ou caso contrário para amarelo. O tempo que a formiga fica a avaliar depende da qualidade do ninho, demorando mais tempo caso este não seja do seu agrado.

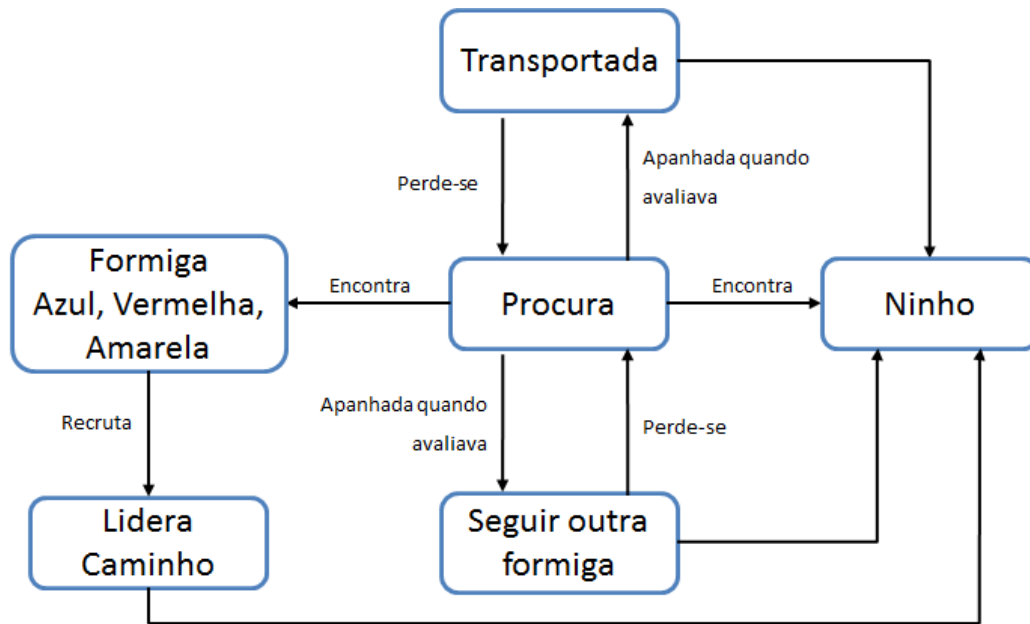


Figura 3: Estado das formigas amarelas

Na Figura 3 é apresentado os estados possíveis que uma batedora amarela pode ter.

Depois de avaliar um ninho, a batedora vermelha se aceitar o ninho muda a sua cor para amarela, indicando que começará à procura de outras formigas para as recrutar para aquele ninho. Na fase de procura, a formiga amarela pode encontrar um outro ninho voltando a ficar vermelha para o poder avaliar. Se recusar volta para o estado de procura, mas se aceitar o novo ninho então passa a recrutar para este ao invés de recrutar para o ninho ao qual estava ligada. Outra possibilidade é a formiga encontrar uma outra. No caso de encontrar uma formiga vermelha ou azul esta irá liderar o caminho para que as outras a possam seguir. Se encontrar uma formiga verde então a amarela será transportada para o novo ninho onde a colónia decidiu ficar. Por fim poderá encontrar outra formiga amarela cujo ninho para onde está a recrutar é diferente do seu, neste caso a decisão sobre qual a formiga que seguirá a outra é feita aleatoriamente.

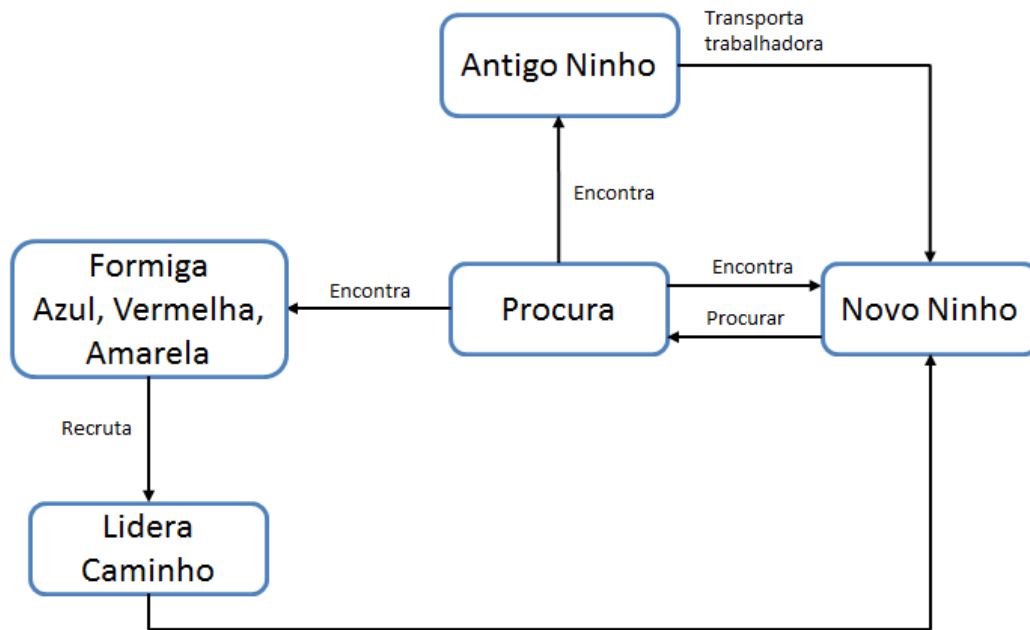


Figura 4: Estado das formigas verdes

Na Figura 4 é apresentado os estados possíveis que uma batedora verde pode ter.

Quando a maioria das batedoras chegam a um consenso, ou seja as formigas amarelas que recrutam para um certo ninho conseguem chegar a um total de um terço de todas as batedoras, então estas mudam a sua cor para verde indicando que o consenso foi conseguido e está na altura de procurar as restantes batedoras que ainda não o sabem, assim como transportar as formigas trabalhadoras do seu antigo ninho para o novo.

Quando a formiga verde está no novo ninho, esta tem a hipótese de decidir procurar outra batedora ou então transportar a formiga trabalhadora. No caso de decidir que irá transportar a formiga trabalhadora, esta apenas necessita de se deslocar até ao antigo ninho e trazer a primeira formiga que lá encontrar. Caso opte por procurar outra batedora então esta passa ao estado de procura. Nesta altura a formiga pode encontrar qualquer outra de cor diferente transportando-a para o novo ninho e transformando-a nessa altura em formiga verde.

### 4.1.4 Ilustração do modelo

Na Figura 5 iremos legendar as características do modelo, de modo a que o utilizador saiba como usá-lo assim como percebe a utilidade destas.

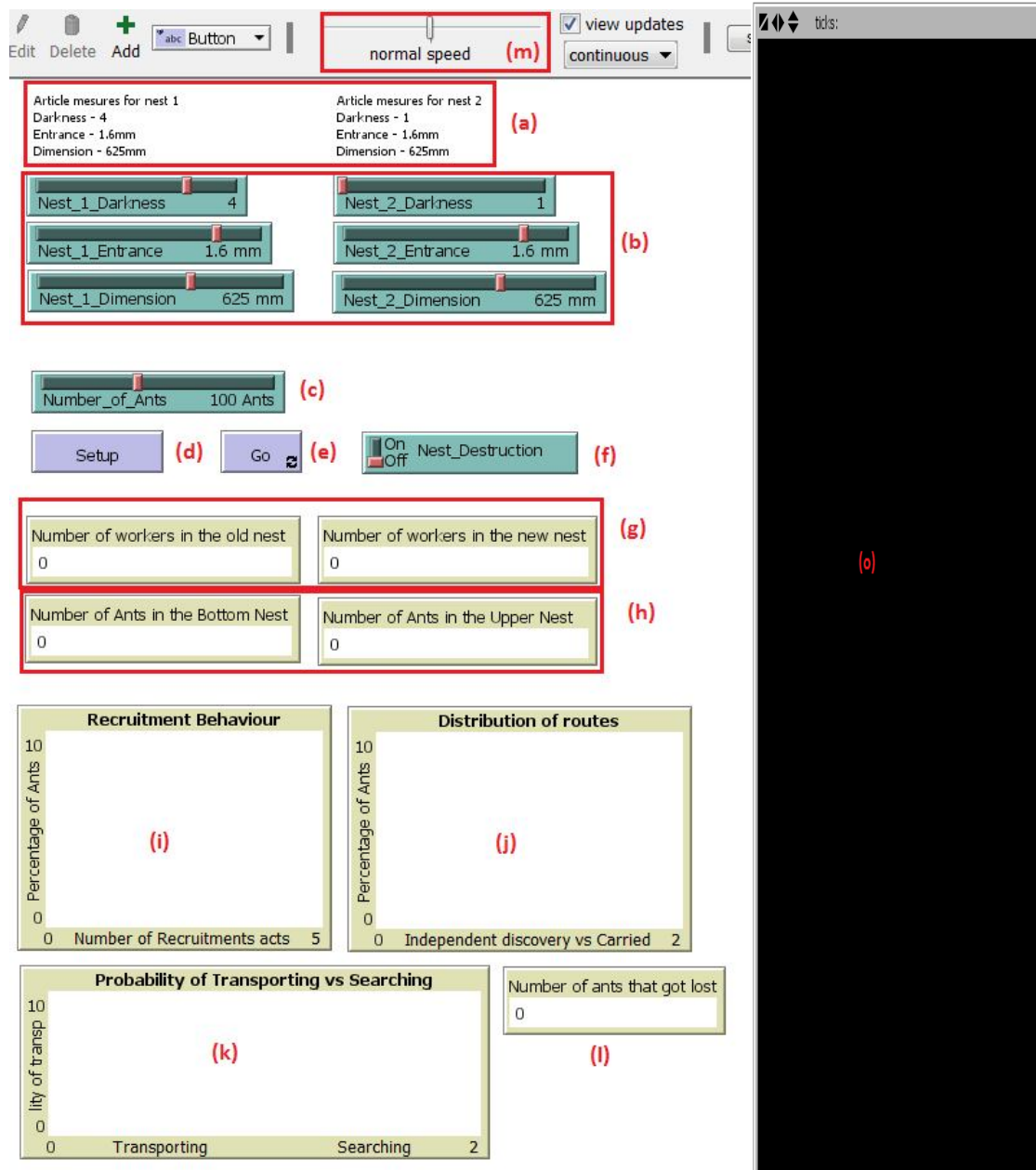


Figura 5: Ilustração do modelo de formigas

- (a) – Medidas exactas dos valores que são utilizados no artigo.
- (b) – *Sliders* que permitem ao utilizador alterar as medidas de cada ninho para os valores que este queira.

As medidas que podemos alterar são:

*Luminosidade* – Quanto mais escuro melhor é o valor do ninho.

*Entrada* – Quanto maior for a entrada do ninho melhor é o valor deste.

*Dimensão* – Quanto maior for o ninho melhor é o valor deste.

- (c) – Número de formigas que serão usadas no modelo. Entre 3 e 238.
- (d) – Botão para criar o mundo das formigas.
- (e) – Botão para dar início à simulação.
- (f) – Interruptor para fazer com que o ninho fique destruído.
- (g) – Número de formigas trabalhadoras no antigo ninho e no ninho novo.
- (h) – Número de formigas batedoras que recrutam para o ninho de cima ou para o ninho de baixo.
- (i) – Gráfico que controla o número de recrutas que são feitas por cada formiga.
- (j) – Gráfico que indica a percentagem de formigas batedoras que encontram o ninho sozinhas e a percentagem de formigas batedoras que são carregadas até ao ninho.
- (k) – Gráfico com a probabilidade das formigas decidirem entre procurar e transportar outras formigas após chegarem a um consenso sobre o novo ninho.
- (l) – Número de formigas que se perdem da formiga que a estava a carregar.
- (m) – *Slider* que permite aumentar a velocidade na qual o mundo corre.
- (o) – Mundo onde as formigas irão interagir (escala reduzida).

### **Como usar?**

Para dar início ao modelo, o utilizador pode regular os parâmetros dos ninhos para mudar os seus valores de qualidade (b). Se optar por escolher os valores que aparecem no artigo basta percorrer os *sliders* e seleccionar as medidas que estão descritas em (a). Para distinguir qual o melhor ninho basta verificar qual se apresenta mais escuro. No caso de existir um empate, ou seja ambos os ninhos têm igual valor, então a escolha feita pelas

formigas sobre qual o melhor, vai basear-se apenas no número de seguidores e na rapidez com que um dos ninhos chegue a um consenso.

Depois de escolhidos os parâmetros basta clicar no botão “*Setup*” para criar o mundo pretendido e na qual as formigas irão percorrer. Para dar início à simulação basta clicar em “*GO*” e verificar a interação entre as formigas dentro do ninho actual. Nesta altura todas as formigas são trabalhadoras pois não há necessidade de procurar por um novo local para viver e assim sendo as formigas manter-se-ão dentro do ninho até que este seja destruído. Se clicar no interruptor de “*Nest\_Destruction*” fará com que o ninho actual seja destruído e que uma parte das trabalhadoras mude as suas funções para batedoras, dando início ao processo de procura de um novo local para a colónia.

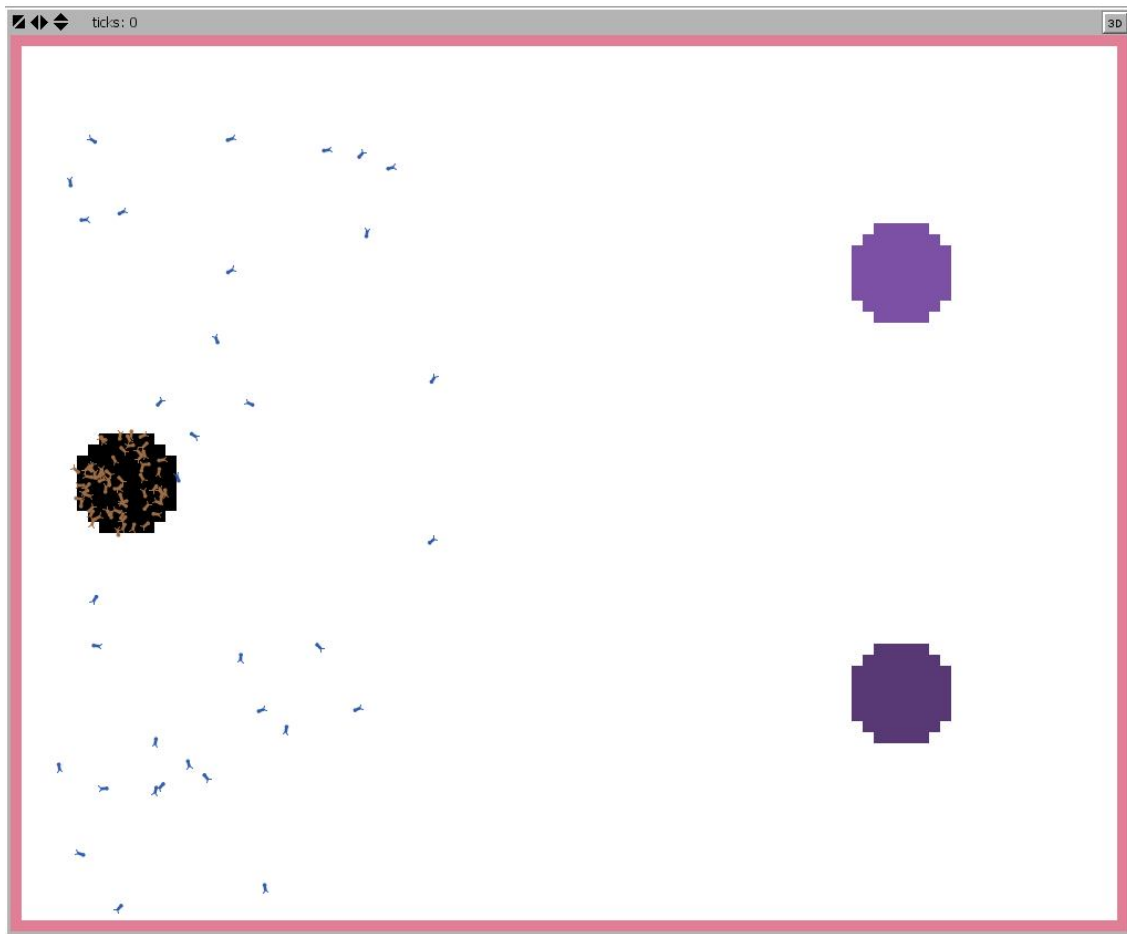
### 4.1.5 Demonstração do modelo

Aqui será demonstrado através de imagens como decorre o modelo das formigas. As características escolhidas são semelhantes às utilizadas no artigo e são usadas com formigas para o efeito.



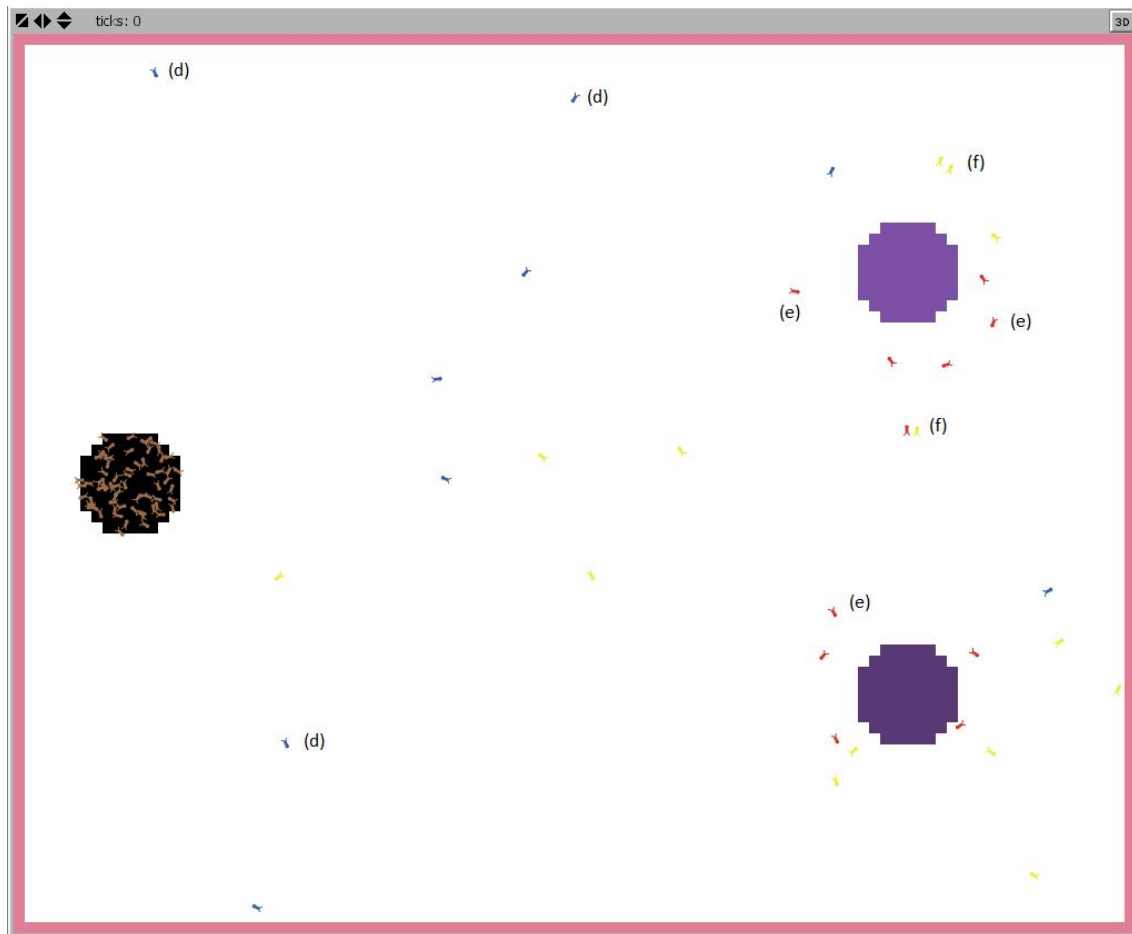
Figura 6: Início do ciclo das formigas

Na Figura 6 está presente o mundo inicial das formigas. O ponto (a) representa o ninho na qual a colónia habita e que ainda não foi destruído, logo as formigas não têm porque sair deste em busca de um melhor. Tanto (b) como (c) são possíveis ninhos na qual as formigas irão decidir sobre qual o melhor, neste caso o que está mais abaixo, ou seja (b), é o melhor pois é o mais escuro.



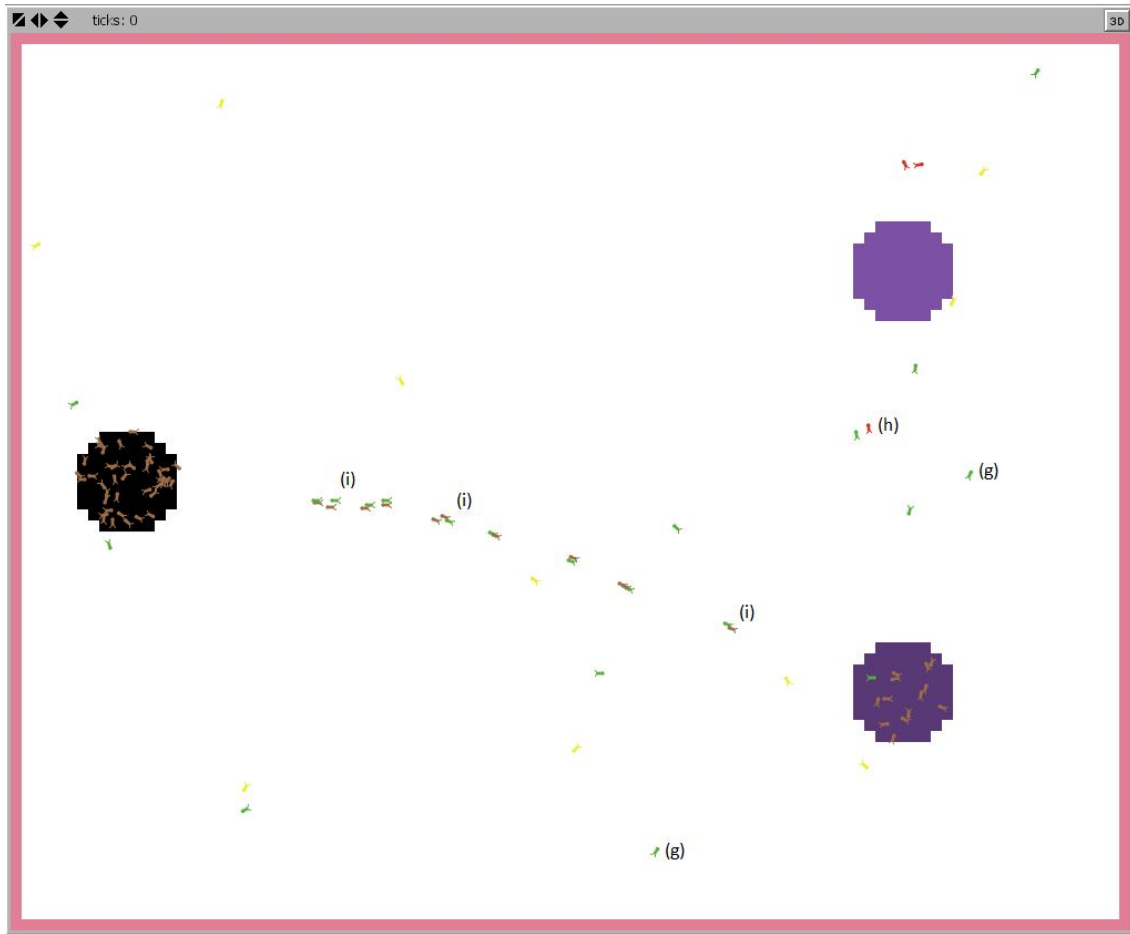
**Figura 7: Destruição do ninho actual das formigas**

De seguida o ninho é destruído mudando a sua cor para preto, isto fará com que as formigas batedoras mudem a sua cor para azul e comecem a sair deste em busca de potencial ninho para onde a colónia se possa deslocar, Figura 7.



**Figura 8: Procura, avaliação e recrutamento das formigas**

Na Figura 8 à medida que as formigas procuram outras formigas batedoras (d), avaliam potenciais ninhos e os seus arredores (e) e recrutam começando a aparecer os casos em que formigas amarelas encontram outras batedoras, como é demonstrado em (f) em que formigas amarelas estão a encaminhar tanto uma batedora vermelha que estava a avaliar um ninho como uma outra amarela que recrutava para outro ninho.



**Figura 9: Fase final, transporte das formigas**

Quando finalmente se chega a um consenso, Figura 9, então está na altura de procurar por outras batedoras (g) a fim de as levar para o novo ninho (h) ou de transportar as formigas trabalhadoras para este (i).

#### 4.1.6 Vídeo do modelo

Está disponível em vídeo este modelo no *Youtube* [15].

<http://www.youtube.com/watch?v=aXipyQIP0Ns>

Está também disponível o próprio modelo, para que o utilizador o possa usar. É de notar que precisará do *Software* que está presente na página do *Netlogo* [38] com a versão 5.0.3.

<https://www.dropbox.com/s/loj6z28m1spd964/formigas.nlogo>

#### 4.1.7 Resultados obtidos

Os resultados obtidos assemelham-se em muito aos que foram obtidos no artigo apesar de no modelo o número de formigas ser muito inferior ao usado no artigo. Para o demonstrar foram criados alguns gráficos:

- No gráfico da Figura 10 é demonstrado a quantidade de vezes que são feitas recrutas, ou seja o número de vezes em que é feito x actos de recruta por formiga.

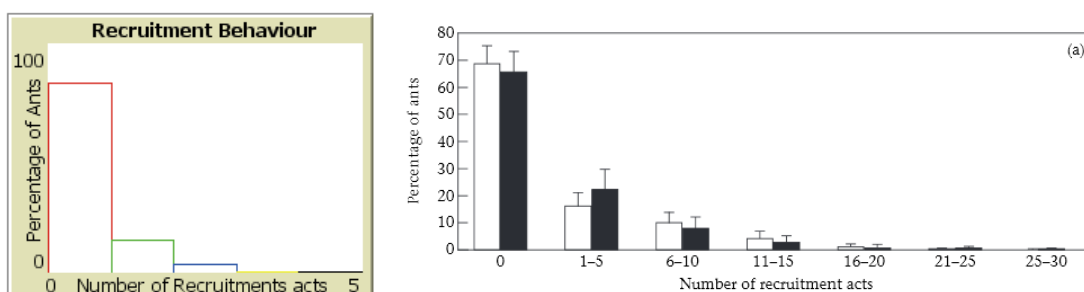
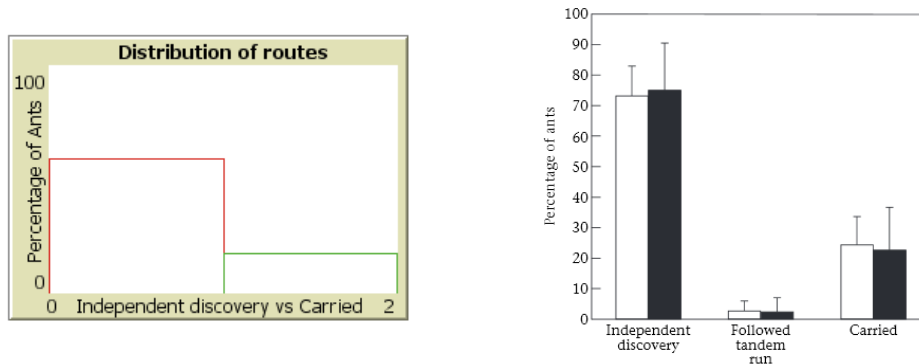


Figura 10: Gráfico “*Recruitment Behavior*”

Nesta figura está representado à esquerda os resultados obtidos no modelo Netlogo e à direita os resultados obtidos no artigo. A escala no eixo dos xx's foi proporcionalmente diminuída no caso do modelo para que possa representar as diferentes realidades no que respeita ao

número de abelhas utilizadas em ambos os casos. Para poder comparar os gráficos é necessário ter em conta, no gráfico do artigo, apenas as colunas a preto que representam os resultados observados nos testes efectuados. Como podemos verificar, os resultados obtidos no modelo são em muito semelhantes aos observados no artigo, indicando que apenas uma minoria de formigas da colónia está activamente a recrutar outras formigas, e as restantes não recrutam ou não encontram outras formigas para recrutar.

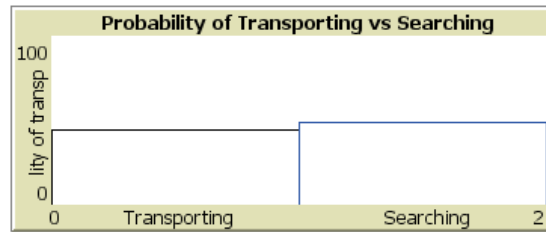
- No gráfico da Figura 11 é demonstrado a probabilidade na qual o ninho é descoberto, podendo este ser encontrado sem ajuda de outras formigas ou com a ajuda destas.



**Figura 11: Gráfico “Distribution of Routes”**

Nesta figura está representado à esquerda os resultados obtidos no modelo e à direita os resultados obtidos no artigo. Como no gráfico anterior temos de ter em causa dois aspectos importantes: Apenas ter em conta no gráfico da direita as colunas escuras que representam as observações obtidas e no gráfico à esquerda a coluna verde representa tanto as formigas que são lideradas como as que são transportadas. Os resultados obtidos em ambos os gráficos foram os esperados, a maioria das formigas encontra um ninho sem a ajuda de outras visto que encontrar uma outra batedora no espaço disponível para testes é extremamente improvável.

- No gráfico da figura 12 é demonstrado a probabilidade na qual as formigas verdes escolhem entre transportar trabalhadoras ou procurar por outras batedoras.



**Figura 12: Gráfico “Probability of Transporting vs Searching”**

Este gráfico apenas é encontrado no modelo, visto ser apenas uma curiosidade que não é relevante para o estudo feito no artigo. Depois das formigas chegarem a um consenso as batedoras verdes que se encontram no novo ninho têm duas possibilidades: Podem sair do ninho para transportar as formigas trabalhadoras que estão no ninho antigo ou então podem partir em busca de outras batedoras que ainda não sabem que a colónia já chegou a um consenso. Em todas as 50 simulações efectuadas, tanto a probabilidade de transportar como a de procurar, têm os mesmos valores sensivelmente.

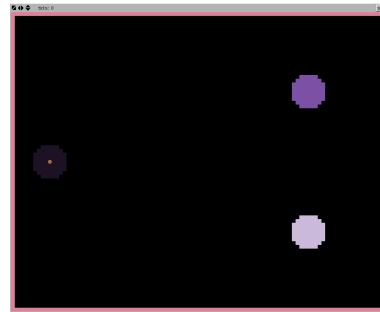
A probabilidade das formigas chegarem a um consenso na qual escolhem o pior ninho difere para o que é apresentado no artigo. Enquanto no artigo a probabilidade de preferir o pior ninho é de  $1/6$ , no modelo essa probabilidade diminui para  $4/50$ .

## 4.2 Abelhas

O modelo do comportamento social entre abelhas *Apis mellifera* baseia-se no artigo (Britton *et al.*, 2002), mas foi necessário criar um sistema multiagentes para o poder simular no *Netlogo*. Para além disso algumas características do artigo foram acrescentadas ou removidas no modelo criado.

### 4.2.1 Características a ter em consideração

Neste modelo existem três ninhos: o antigo e dois novos, sendo que o antigo é o local onde as abelhas habitam actualmente e um dos dois ninhos novos será a futura casa das abelhas quando estas começarem a procurar a mesma. Esses dois ninhos estão a uma distância equivalente à do ninho antigo e a diferença entre ambos vai-se basear nos parâmetros para eles escolhidos. Cada ninho tem dois parâmetros associados a eles que definem a sua qualidade: a comida nos arredores do ninho que varia entre um e cinco, sendo que um indica que há pouca comida e cinco indica que há abundância da mesma e o outro parâmetro é a dimensão desse ninho que varia entre um milímetro (fraco por não ter espaço) e um metro (muito bom pois tem bastante espaço para a colmeia). Estes valores podem ser modificados, para aqueles que o utilizador pretender, antes de fazer correr o modelo. A qualidade dos ninhos será representada visualmente alterando as tonalidades de cada um, ou seja, o ninho mais escuro será o ninho com melhor qualidade e o mais claro o de pior.

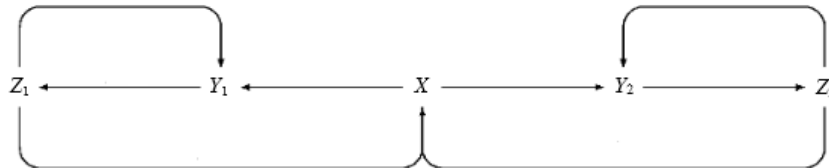


Existem dois tipos de abelhas, as obreiras que serão representadas a castanho e as batedoras que irão procurar um novo local para a sua colónia viver. O seu comportamento é explicado neste capítulo em 4.2.3.

É também possível ao utilizador escolher um de dois tipos de processos de recrutamento diferentes para ser simulado no modelo: o *direct switching* ou mudança directa de aliança e o *indirect switching* ou mudança indirecta de aliança. Para se perceber melhor cada um dos processos foram criados alguns exemplos que explicam as suas características. As letras X, Y e Z que aparecem nas figuras representam respectivamente três estados diferentes das batedoras, as neutras, as que estão a dançar e as que param, podendo voltar a dançar se forem

estimuladas por outras que estão a fazê-lo. No modelo é difícil distinguir as batedoras no estado Z ou X pois ambas têm a mesma cor.

- **Indirect Switching**



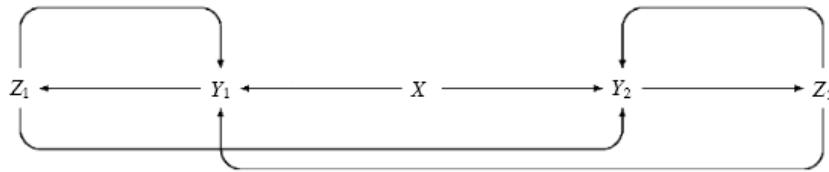
**Figura 13: Indirect Switching**

As batedoras começam no estado X, na qual não recrutam para nenhum ninho, ou seja, são neutras. Nesta fase as batedoras voam aleatoriamente pelo mundo à procura de uma nova casa para a colónia viver. Quando encontra uma nova casa que seja do seu agrado volta ao ninho antigo e tenta recrutar outras abelhas dançando, estado Y. Quando termina de dançar, passa ao estado Z na qual mantém-se adepta de um ninho mas não tenta recrutar para o mesmo. Nesta fase a abelha tem duas hipóteses, é estimulada por outra que está a recrutar e volta a dançar para o ninho a que estava aliada ou então não encontra ninguém e volta ao estado neutro, repetindo o ciclo.

Se as notícias de um segundo ninho chegarem mais tarde, três hipóteses podem ocorrer:

1. Se o segundo ninho for ligeiramente inferior em qualidade então o ninho superior ganhará.
2. Se o segundo ninho for muito superior em qualidade então este será o vencedor.
3. Se o segundo ninho for ligeiramente superior, este só vencerá se as notícias não chegarem muito atrasadas, caso contrário quem ganha é o ninho de qualidade inferior.

- *Direct Switching*



**Figura 14: Direct Switching**

Como no processo de *indirect switching* as batedoras começam como neutras ( $X$ ) e voam aleatoriamente em busca de uma nova casa. No regresso ao ninho recrutam outras batedoras dançando ( $Y$ ) e quando param de dançar passam ao estado  $Z$ . É nesta fase que o processo *direct switching* difere do anterior, pois a batedora nunca volta ao estado neutro podendo voltar a dançar para o ninho para a qual estava a publicitar sendo estimulada por outra abelha que também esteja a dançar para esse ninho ou então começa a dançar para outro ninho concorrente se também for estipulada para esse efeito, ou seja, muda directamente de aliança.

#### 4.2.2 Diferenças entre artigo e modelo

Para o desenvolvimento do modelo em Netlogo das abelhas, foram feitas alterações em algumas características existentes no artigo.

- Não há circuitos de dança mas sim deslocamentos aleatórios dentro do ninho antigo para encontrarem abelhas neutras.
- A recruta é feita de abelha em abelha e não para múltiplas abelhas.
- As batedoras quando acabam de dançar não voltam ao ninho para a qual estavam a dançar para poderem voltar a recrutar. A abelha passa a neutra e pode no futuro encontrar novamente esse ninho.
- A chegada a um consenso é feita no ninho antigo e não no ninho para a qual as abelhas estavam a publicitar.

- Quando as abelhas chegam a um consenso toda a colónia muda de local ao invés de dois terços da população. Isto ocorre porque a abelha-rainha e futuras abelhas rainhas não são utilizadas.

### 4.2.3 Comportamento das abelhas no modelo *Netlogo*

As abelhas estão representadas por diferentes cores dependendo do tipo de função que estão a executar.

**Abelhas castanhas** – Abelhas trabalhadoras que só saem do ninho quando existir um consenso por parte das batedoras sobre o novo local para onde a colónia deve viajar.

**Abelhas azuis** – Abelhas batedoras que procuram novos ninhos.

**Abelhas vermelhas** – Abelhas batedoras que recrutam para o ninho mais acima.

**Abelhas verdes** – Abelhas batedoras que recrutam para o ninho mais abaixo.

O estado de cada abelha é descrito nas seguintes figuras.

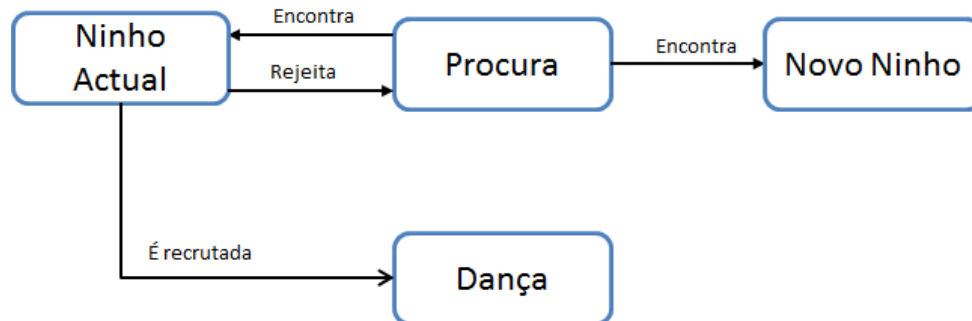
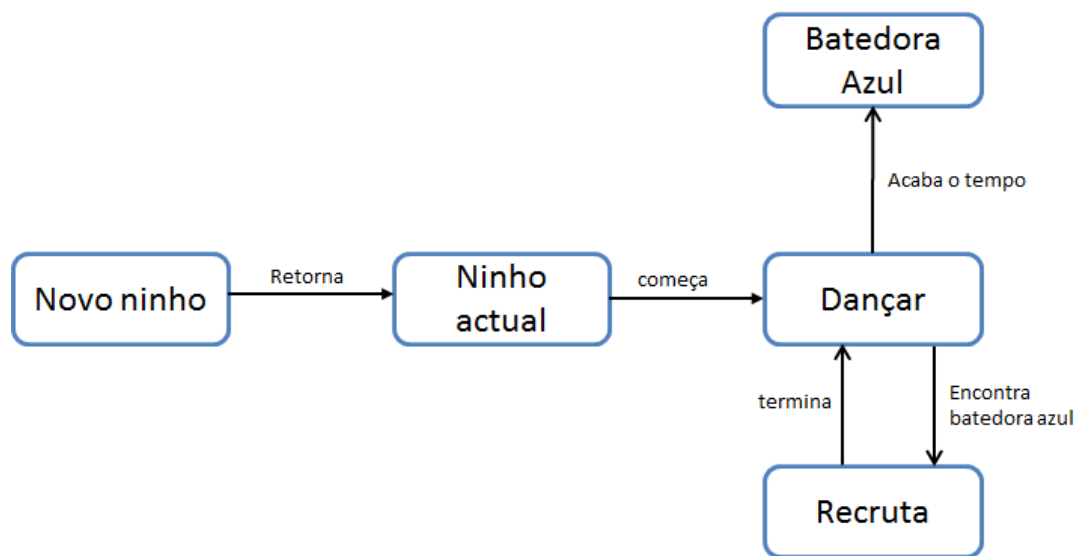


Figura 15: Estado das abelhas azuis

Na Figura 15 é apresentado os estados possíveis que uma batedora azul pode ter.

Quando o seu ninho é destruído, uma parte das abelhas trabalhadoras muda as suas funções para batedoras, dando início a uma procura por um novo local para onde a colónia se deva

estabelecer. Dentro do ninho antigo esta abelha pode decidir por duas opções: sair do ninho com a probabilidade de  $1/3$  ou manter-se no ninho antigo com a probabilidade de  $2/3$ . Se decidir por sair do ninho a abelha azul andar  aleatoriamente pelo mundo   procura de um dos dois novos ninhos. Quando encontra um destes, a abelha avalia-o verificando os seus parâmetros e caso a avalia o seja positiva a abelha muda a sua cor para verde ou vermelha, caso esteja a recrutar para o ninho mais abaixo ou mais acima respectivamente. Caso a abelha se decida a ficar no ninho antigo pode ocorrer o caso de ser recrutada por uma outra abelha que já encontrou um ninho e está agora a publicit -lo, mudando também no final da recruta a sua cor.



**Figura 16: Estado das abelhas Verde e Vermelha**

Na Figura 16   apresentado os estados possíveis que uma batedora verde ou vermelha pode ter.

Após a avalia o feita por uma batedora azul num possível novo ninho, esta decide se este   um bom ou mau candidato a novo local para a sua col nia. Em caso afirmativo esta muda a sua cor para batedora vermelha (ninho mais acima) ou batedora verde (ninho mais abaixo), voando de regresso ao antigo ninho a fim de recrutar mais seguidoras para esse ninho. Quando chega ao antigo ninho esta começa a “dançar” durante algum tempo, tempo esse que   proporcional ao valor da qualidade do ninho que representam. Durante esta fase a batedora procura no ninho uma outra batedora azul, ou seja neutra, começando de imediato a recrut -la para o seu ninho. Essa procura   feita deslocando a abelha aleatoriamente pelo antigo ninho até encontrar uma abelha azul ao seu lado. Após terminar de recrutar a abelha azul, tornando-

a adepta desse ninho, a batedora, se ainda tiver tempo para dançar, continua a procurar outras abelhas azuis afim de também as recrutar. No final desse tempo a batedora pára de dançar e passa a abelha azul podendo ou não ser recrutada para outro ninho concorrente.

#### 4.2.4 Ilustração do modelo

Na Figura 17 iremos legendar as características do modelo, de modo a que o utilizador saiba como usá-lo assim como percebe a utilidade destas.

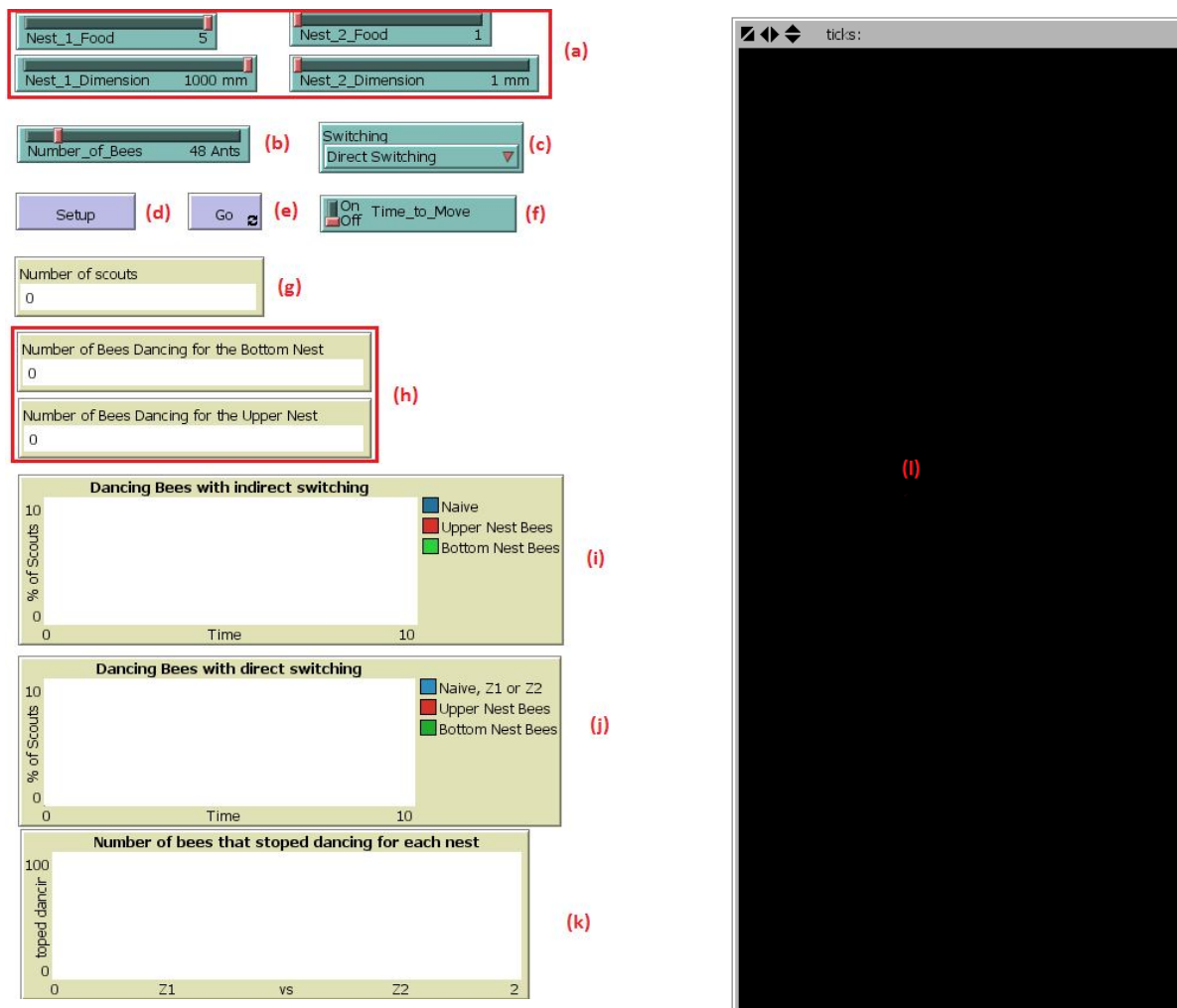


Figura 17: Ilustração do modelo de abelhas

(a) – *Sliders* que permitem ao utilizador alterar as medidas de cada ninho para os valores que este queira.

As medidas que podemos alterar são:

*Comida* – Quanto mais comida existir nas redondezas melhor.

*Dimensão* – Quanto maior for o ninho melhor é o valor deste.

- (b) – Número de abelhas que serão usadas no modelo. Entre 3 e 300.
- (c) – Botão que permite modificar o tipo de comportamento praticado pelas abelhas.
- (d) – Botão para criar o mundo das abelhas.
- (e) – Botão para dar início à simulação.
- (f) – Interruptor para fazer com que as abelhas comecem a procurar um novo ninho.
- (g) – Número de abelhas batedoras.
- (h) – Número de abelhas que recrutam para cada ninho
- (i) – Gráfico que representa a percentagem do tipo de batedoras que existem ao longo do tempo com o comportamento “*Indirect Switching*”.
- (j) – Gráfico que representa a percentagem de batedoras que recrutam para cada ninho com o comportamento “*Direct Switching*”.
- (k) – Gráfico com o número de abelhas que param de recrutar para cada ninho com o comportamento “*Direct Switching*”.
- (l) – Mundo onde as abelhas irão interagir.

## **Como usar?**

Para dar início ao modelo, o utilizador pode regular a qualidade dos ninhos mudando os parâmetros em (a). Para distinguir qual o melhor ninho basta verificar qual se apresenta mais escuro. No caso de existir um empate, ou seja ambos os ninhos têm igual valor, então a escolha feita pelas abelhas sobre qual o melhor, vai basear-se apenas no número de seguidores e na rapidez com que um dos ninhos chegue a um consenso.

Depois de escolhidas as medidas, basta clicar no botão “*Setup*” para criar um mundo por onde as abelhas irão interagir. Depois do mundo criado, ao carregar no botão “*GO*” as abelhas começam a se deslocar dentro do seu ninho. Nesta altura todas as abelhas têm a função de obreiras e manter-se-ão dentro do ninho até que haja a necessidade de saírem em busca de uma nova casa. Para que isso ocorra o utilizador terá que clicar no interruptor

“*Time\_to\_Move*” fazendo que um terço das obreiras mudem para batedoras e comecem a sua busca por novos locais. Quando este interruptor passa para “*ON*” o ninho actual muda a sua cor para preto para indicar que está na altura de mudar.

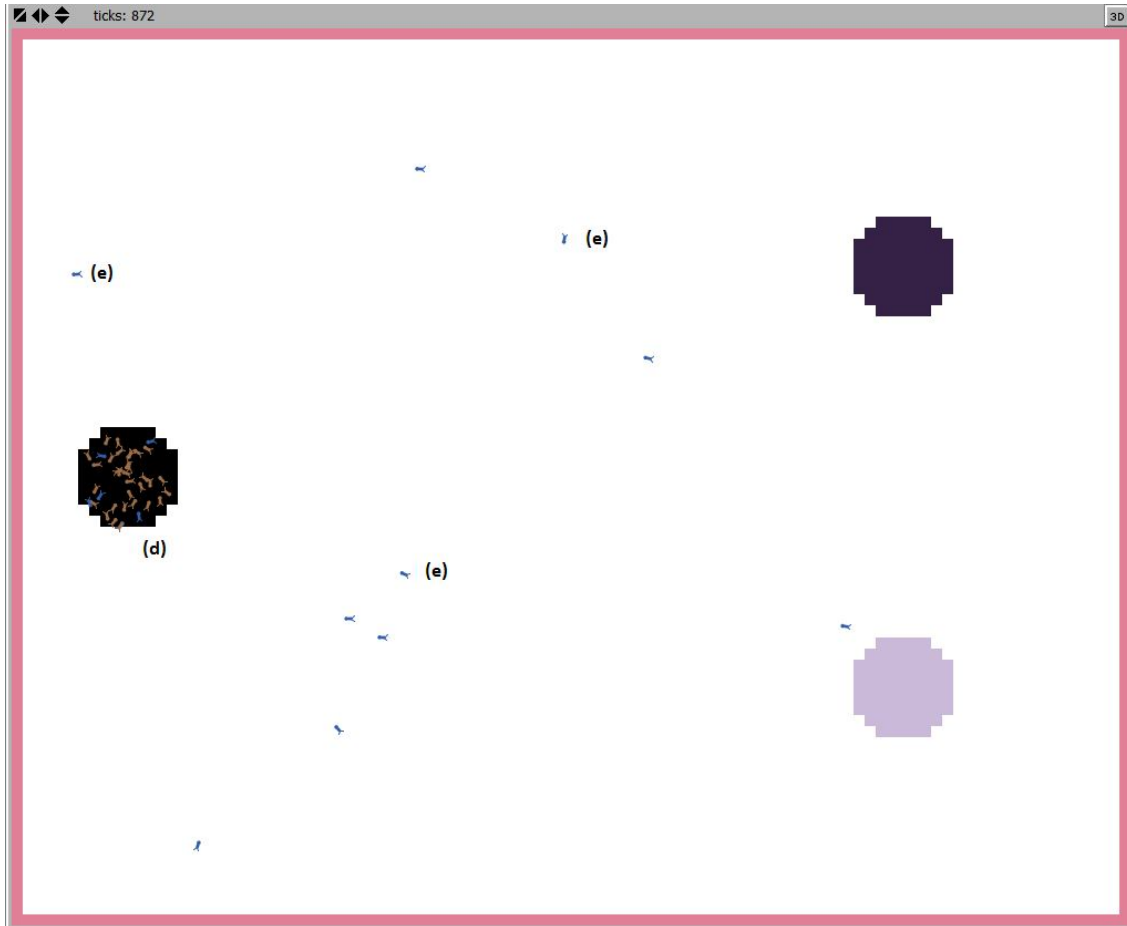
#### 4.2.5 Demonstração do modelo

Aqui será demonstrado através de imagens como decorre o modelo das formigas. As características escolhidas fazem com que um dos ninhos seja muito superior ao outro e o número de abelhas usadas são cem.



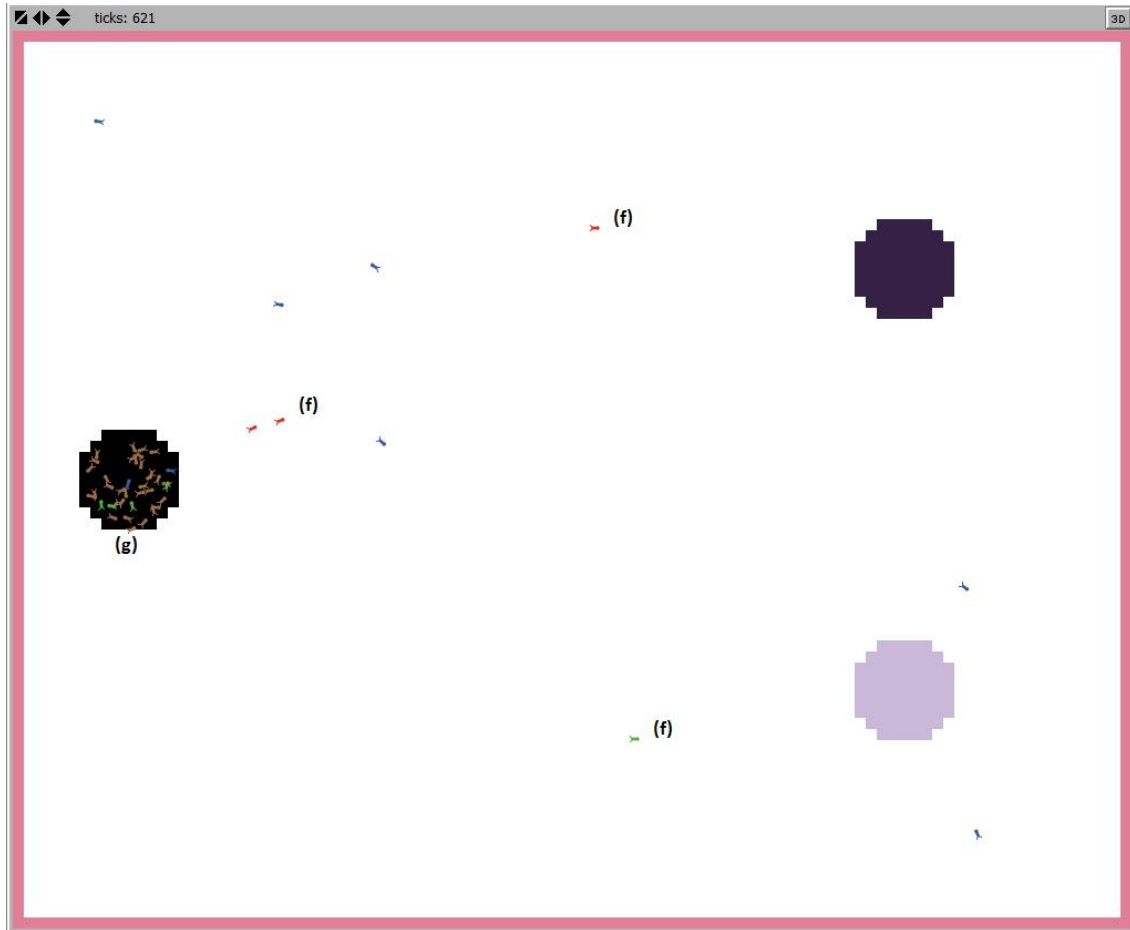
Figura 18: Início do ciclo das abelhas

Na Figura 18 está representado o mundo inicial das abelhas. Podemos ver em (a) o ninho na qual a colónia habita e que ainda não foi destruído, logo as abelhas não têm porque sair deste em busca de um melhor. Tanto (b) como (c) são possíveis ninhos no qual as abelhas irão decidir sobre qual o melhor, neste caso o que está mais acima, ou seja (b), é o melhor pois é o mais escuro.



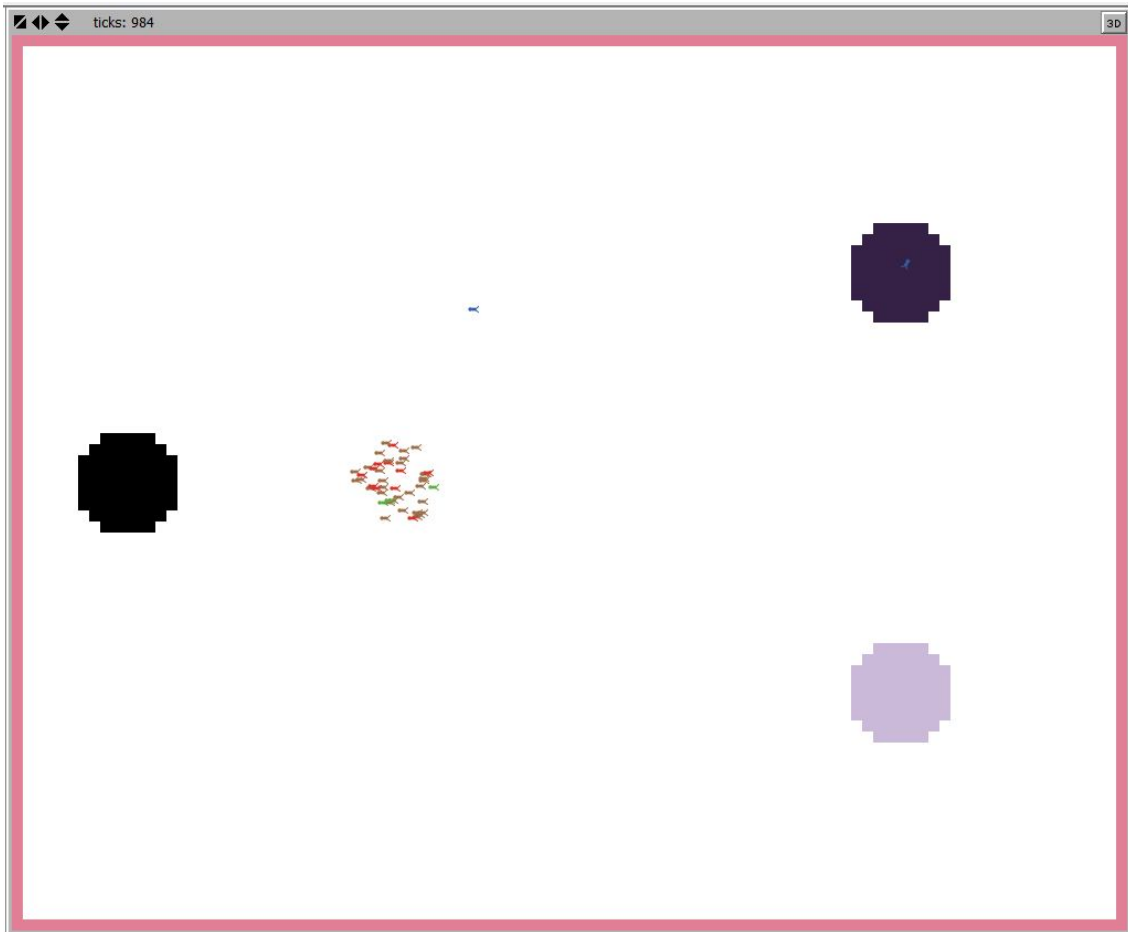
**Figura 19: Destruição do ninho das abelhas**

De seguida, Figura 19, as abelhas começam a procurar um novo local, depois de mudado o interruptor “*Time\_to\_Move*” para “*ON*” e o ninho mudar a cor para preto. Em (d), ninho actual, encontram-se as obreiras com a cor castanha e algumas batedoras que ainda não saíram do ninho. Todas as batedoras que se encontram fora do ninho (e) andam à procura de uma outra localização que possa ser um potencial ninho.



**Figura 20: Recruta e dança das abelhas**

Depois de encontrarem e avaliarem um potencial ninho as batedoras retornam ao ninho antigo para recrutar outras batedoras, Figura 20. Em (f) é demonstrado essa tarefa com abelhas vermelhas a voltarem ao ninho para recrutar para o ninho mais acima e abelhas verdes a recrutar para o ninho mais abaixo. Em (g) algumas abelhas batedoras, neste caso verdes, já dentro do ninho antigo tentam recrutar batedoras neutras ou azuis para o ninho para a qual estão a dançar.



**Figura 21: Fase final, deslocação da colónia**

Quando finalmente se chega a um consenso toda a colónia, tanto as obreiras como as batedoras, deslocam-se ao mesmo tempo para o local onde será a sua nova casa, Figura 21.

#### **4.2.6 Vídeo do modelo**

Está disponível em vídeo este modelo no *Youtube* [15].

[http://www.youtube.com/watch?v=ChyN\\_UpxTw&feature=youtu.be](http://www.youtube.com/watch?v=ChyN_UpxTw&feature=youtu.be)

Está também disponível o próprio modelo, para que o utilizador o possa usar. É de notar que precisará do Software que está presente na página do [38] com a versão 5.0.3.

<https://www.dropbox.com/s/4vxrncbhi326f/Abelhas.nlogo>

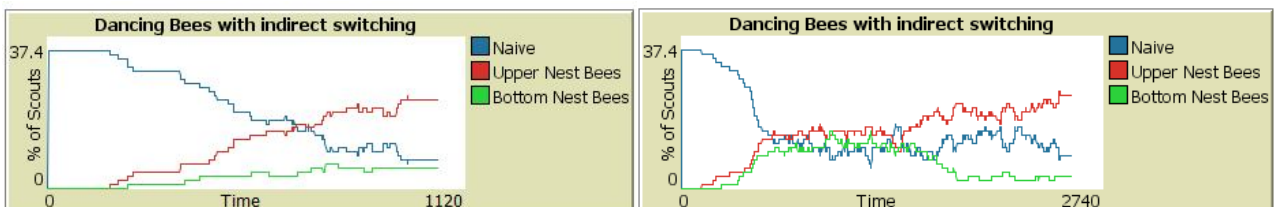
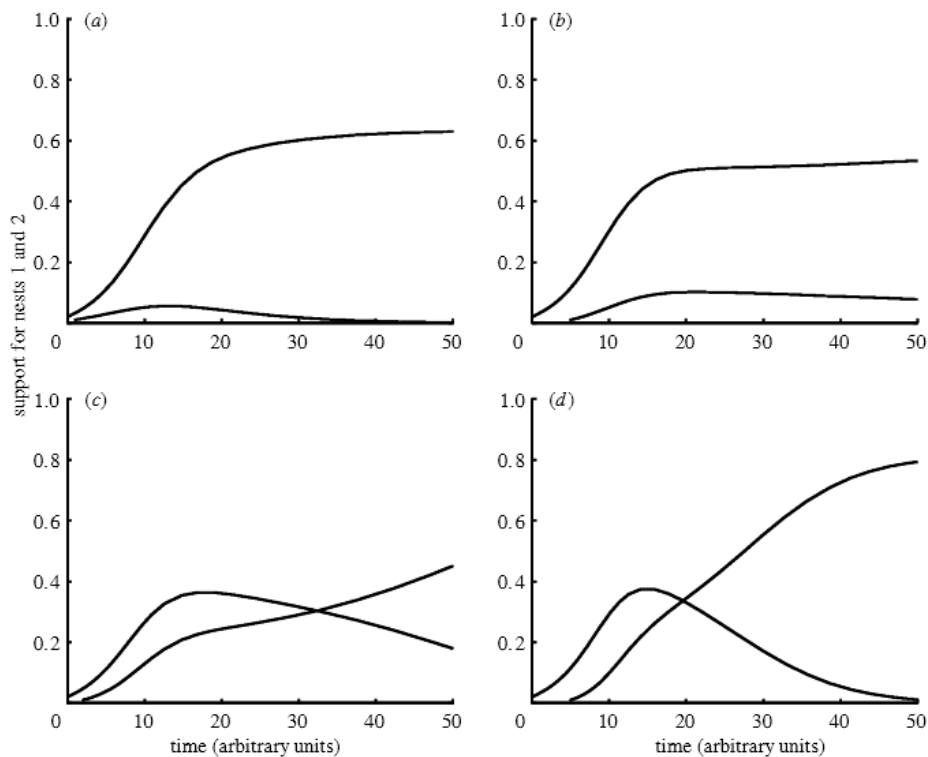
## 4.2.7 Resultados obtidos

Para poder inferir sobre o modelo foram criados alguns gráficos que permitam debater sobre os resultados obtidos.

Para este modelo há a possibilidade de escolher dois tipos de comportamentos para as abelhas, o “*Indirect Switching*” e o “*Direct Switching*”.

Relembrando que a diferença entre ambos os modelos deve-se à possibilidade em que as abelhas que acabam de recrutar voltem a ficar no estado Neutro (azuis) ou não. No caso do “*Indirect Switching*” essa possibilidade é possível, mas no caso do “*Direct Switching*” as abelhas nunca voltam a esse estado, ou seja, apesar de já não dançarem para um certo ninho, estas quando estimuladas para tal voltam a dançar para o ninho que estavam a publicitar ou tornam-se adeptas de outro ninho concorrente.

Para obter resultados sobre “*Indirect Switching*” foram criados quatro gráficos diferentes representados na Figura 22 cada um apresentando situações diferentes.



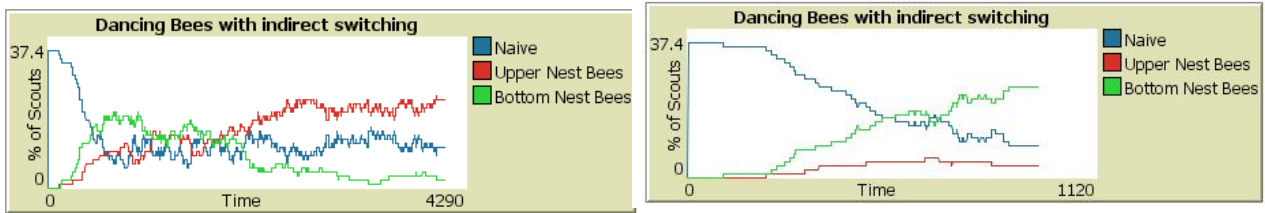


Figura 22: Gráficos “Indirect Switching”

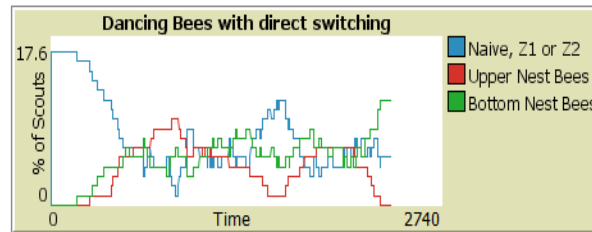
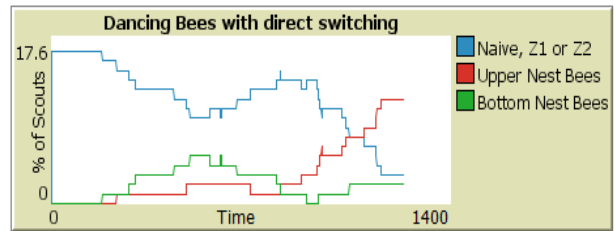
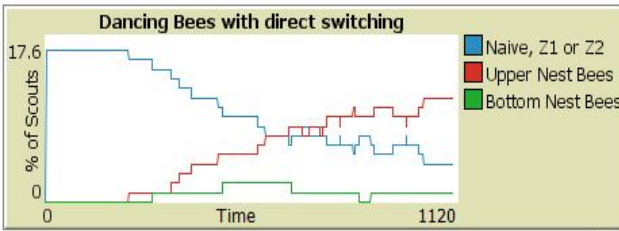
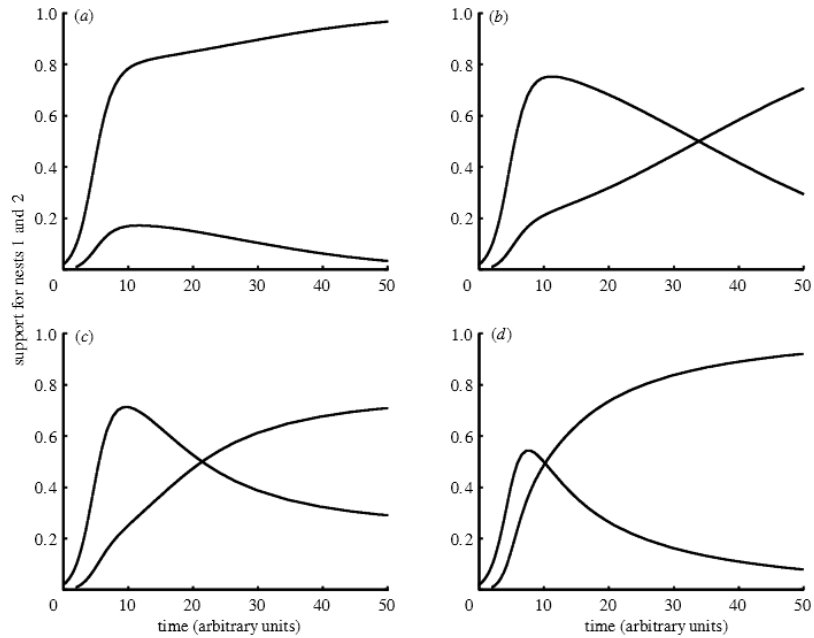
Na Figura 22 mais acima estão representados os resultados obtidos nas observações efectuadas no artigo e mais em baixo estão os resultados obtidos nas simulações do modelo.

Nos gráficos do modelo aparece uma linha azul que representa a percentagem de batedoras neutras. Esta linha é utilizada apenas por curiosidade e não deve ser usada para inferir algum resultado.

Em a) o melhor ninho é muito superior em qualidade do que o outro e as batedoras do ninho inferior não conseguem ganhar mais adeptos acabando elas também por aderir ao ninho superior. Em b) a diferença de qualidade de ambos os ninhos não é muito grande pelo que as abelhas demoram mais tempo a chegar a um consenso. A diferença que poderá fazer com que as abelhas cheguem a um consenso deve-se ao facto das abelhas que recrutam para um determinado ninho chegarem mais atrasadas do que as outras que representam ninhos concorrentes. Em c) a qualidade de um dos ninhos é superior à do outro e apesar das abelhas que recrutam para esse ninho chegarem muito depois das outras a sua dança é muito mais intensa, fazendo com que as outras batedoras acabem por ficar adeptas desse ninho. Por fim em d) o ninho com pior qualidade acaba por ser o escolhido, pois poucas batedoras encontraram o melhor ninho ou então chegaram a tempo para difundir a sua mensagem.

No caso do “*Direct Switching*”, dois gráficos foram criados:

- A Figura 23 os quatro gráficos em cima representam os resultados obtidos nas observações do artigo e os quatro mais abaixo os obtidos nas simulações do modelo.



**Figura 23: Gráfico “Dancing Bees with Direct Switching”**

Novamente como no gráfico da Figura 22 a linha azul nos gráficos do modelo não deve ser tida em conta.

Em a) um dos ninhos é muito superior ao outro, fazendo com que as abelhas que estão a recrutar para este, não consigam difundir a sua mensagem a tempo. Em b) ambos os ninhos são equiparáveis pelo que as abelhas demoram mais tempo para decidir qual o que devem escolher para ser a sua nova casa. Por vezes neste tipo de situações o facto que pode resolver esta indecisão é o tempo que uma mensagem enviada por uma abelha leva a ser difundida por

toda a colmeia. Em c) o gráfico obtido no artigo, as abelhas não conseguiram encontrar um consenso no tempo estipulado. Esta situação não se verificou nas simulações do modelo porque não havia um tempo limite para que as abelhas encontrassem um novo ninho. Por fim em d) as abelhas chegaram a um consenso mas o ninho escolhido não foi o melhor.

- O último gráfico representado na Figura 24, é apenas usado por curiosidade, indicando a quantidade de vezes em que as abelhas pararam de recrutar para cada ninho. Este gráfico não é utilizado no artigo.

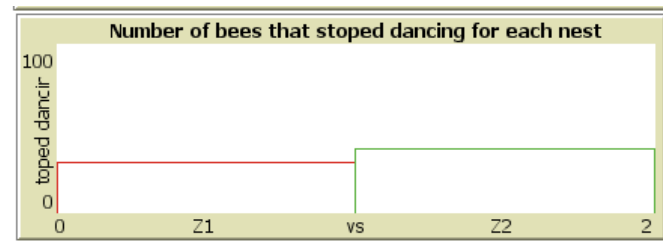


Figura 24: Gráfico “Number of bees that stoped dancing for each nest”

Os resultados obtidos são, em muito semelhantes aos que foram conseguidos no artigo.

A diferença entre ambos os comportamentos não parece alterar o tipo de resultados que se espera obter, apesar de existir um maior número de atitudes possíveis no “*Direct Switching*”.

Num conjunto de 50 tentativas em correr o modelo para cada um dos comportamentos, observou-se que o “*Direct Switching*” teve um êxito ligeiramente maior que o “*Indirect Switching*” numa escala de 47/50 e de 41/50 respectivamente.

### 4.3 Modelo final

Este protótipo representa o modelo final que irá ser usado na aplicação Android.

Este modelo tentará usar o máximo de semelhanças possíveis com o modelo das abelhas, alterando algumas particularidades para que possa ser usado nos dispositivos móveis.

### 4.3.1 Modelo formigas versus Modelo abelhas

Após a leitura de vários artigos relacionados com o comportamento social tanto nas formigas como nas abelhas e assim como a criação de protótipos para ambos no *Netlogo*, decidimos após uma reunião entre mim e os professores responsáveis pelo projecto, optar pelo uso do comportamento praticado pelas abelhas.

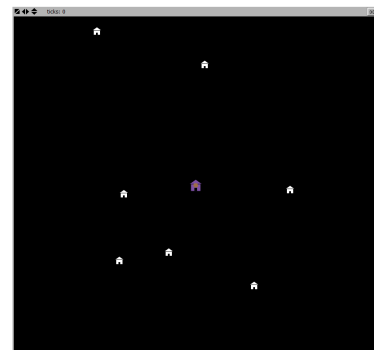
Numa primeira fase optámos pelo comportamento social entre as formigas porque era o que estava mais detalhado nos artigos. A forma como as formigas se comportam e as funções que os batedores utilizam, pareciam até à altura serem as mais indicadas face ao comportamento mais simples das abelhas. Depois de criado o protótipo em *Netlogo* das formigas, deparei-me com o problema da localização da recruta, ou seja, enquanto em 2D conseguimos ver e recriar o local onde as formigas se encontram para tentar recrutar outras, na aplicação Android esse local teria de ser no espaço, o que se tornaria uma tarefa complicada e que possivelmente ocuparia demasiado tempo.

De modo a evitar este problema optámos por usar o modelo das abelhas em que a recruta é feita no próprio ninho, ou no caso da minha aplicação a recruta é feita directamente em um dos dispositivos móveis.

### 4.3.2 Características a ter em consideração

De modo a poder recriar o modelo das abelhas em dispositivos móveis foi necessário alterar algumas características do modelo das abelhas para se adequarem às possibilidades tecnológica.

É importante que se perceba que cada ninho é um dispositivo móvel e neste modelo pode existir um número ilimitado de ninhos sendo que um deles é especial, o *player*. Este ninho será o dispositivo móvel que passará as músicas escolhidas pelas abelhas e será o único que não poderá ser destruído. Todos os ninhos serão representados por casas e apenas poderão ter duas cores: roxo se for o ninho onde a colónia habita e branco caso contrário. Para além disso o *player* terá um tamanho superior aos restantes para o evidenciar dos outros.



Para a aplicação apenas se irá usar abelhas batedoras, visto serem os indivíduos que têm um papel activo na chegada a um consenso. Outro aspecto importante é o facto das batedoras não

se movimentarem pelo mundo, ou seja, não se movimentam pelo espaço à procura de outros dispositivos, isso não só seria difícil de realizar como não trás nenhuma vantagem para a aplicação, como tal as batedoras vão saltando de dispositivo em dispositivo avaliando a qualidade de cada um. A qualidade de um ninho já não se baseia nos parâmetros utilizados pelas abelhas no mundo real mas sim pelo valor que o dispositivo terá, que será o valor das músicas escolhidas pelo *DJ* que representa esse dispositivo.

A destruição de um ninho (saída de um dispositivo móvel da rede), pode ocorrer em todos os dispositivos menos no ninho que representa o *player*, como já foi dito anteriormente. Se esta destruição ocorre em um ninho que está a ser avaliado, então todas as batedoras que o estavam a avaliar desaparecem, cabendo ao ninho onde a colónia habita gerar novas batedoras para que o seu número se mantenha estável e uniforme. Se por outro lado o ninho que é destruído é o ninho onde a colónia habita então todas as abelhas desaparecem e são geradas no dispositivo que passa a ser a nova habitação, o *player*.

Foi estipulado que por cada dispositivo novo que entra na rede cinco novas abelhas batedoras são geradas, assim como por cada dispositivo que sai da rede cinco batedoras desaparecem. Assim sendo se existirem 6 dispositivos (*player* e mais cinco) existem trinta batedoras e se um desses dispositivos sair o seu número passa para vinte e cinco abelhas.

### 4.3.3 Comportamento das batedoras

Na Figura 25 são apresentados os estados possíveis que uma batedora pode ter.

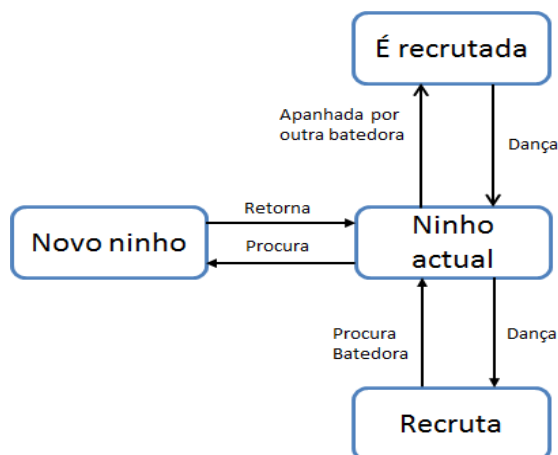


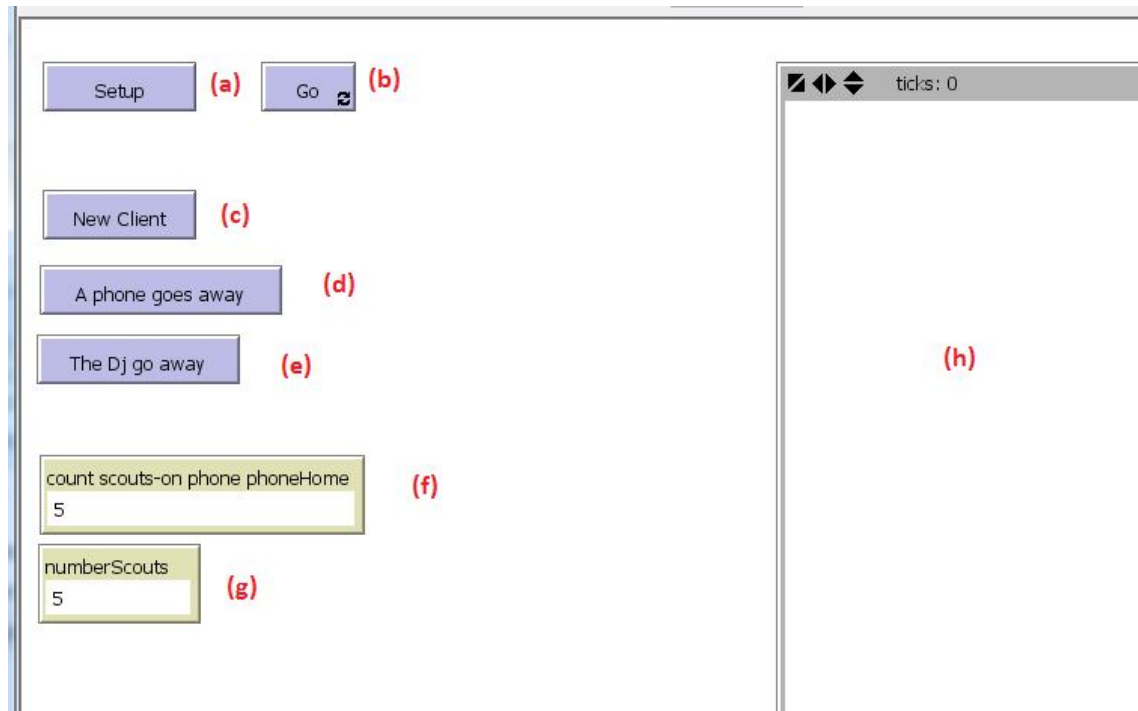
Figura 25: Estado das abelhas

Por cada ninho criado é adicionado a sua posição no mundo a uma lista que contém todas as posições de todos os ninhos existentes nesse mundo. Cabe às abelhas que estão no estado de procura escolherem um dos ninhos existentes nessa lista para poderem saltar para essa posição e avaliar o ninho aí existente. O modo como a abelha escolhe qual o ninho que quer visitar é feita através de um número aleatório, ou seja, é escolhido aleatoriamente uma posição da lista e será esse o ninho que a abelha irá visitar.

Estando no ninho onde a colónia habita a abelha tem uma probabilidade de um terço de sair deste em busca de outro, sendo que a restante probabilidade faz com que esta fique pelo ninho onde está actualmente. Caso saia do ninho saltando para outro, ao chegar a este avalia-o verificando a sua qualidade, ou seja, a abelha vai comparar o valor do seu ninho actual com o valor deste ninho. Se o valor for inferior ao do ninho actual então a abelha recusa-o voltando para a sua casa podendo novamente procurar um outro ninho, mas se o valor for superior então a abelha retorna ao ninho actual e tenta recrutar outras abelhas batedoras para esse ninho. Uma abelha que está no ninho actual e que não está a recrutar outras abelhas pode encontrar-se com uma outra que está. Neste caso a abelha é recrutada para o ninho para a qual a outra batedora estava a dançar, acabando no final da dança de recrutamento por se aliar às abelhas que estavam a dançar para esse ninho e começando também a recrutar outras abelhas.

#### **4.3.4 Ilustração do modelo**

Na Figura 26 iremos legendar os botões e monitores que existem no modelo, de modo a que o utilizador saiba como usá-lo assim como perceba a utilidade destes.



**Figura 26: Ilustração do modelo usado como protótipo**

- (a) – Botão para criar o mundo.
- (b) – Botão para dar início à simulação do modelo.
- (c) – Botão que cria um novo dispositivo móvel.
- (d) – Botão que faz um dispositivo móvel aleatório ir embora.
- (e) – Botão que faz o dispositivo que é considerado ninho actual ir embora.
- (f) – Número de batedoras que existem no ninho actual.
- (g) – Número de batedoras que deviam existir no total.
- (h) – Mundo onde comportamento das abelhas irá ser demonstrado.

### Como usar?

Em primeiro lugar é necessário usar o botão “*Setup*” para criar o mundo onde as abelhas irão simular o comportamento pretendido. Aparecerá um único ninho que é o *player*, o dispositivo onde as músicas irão tocar. Ao carregar no botão “*GO*”, a simulação do modelo começa.

O botão “*New Client*” irá criar um novo ninho, que será um dispositivo móvel que chega ao local da festa. Pode-se criar inúmeros novos ninhos.

O botão “*A phone goes away*” faz com que qualquer ninho seja destruído (excepto o *player*) podendo este ser o ninho actual das abelhas. Neste caso o ninho actual passa a ser o *player*.

O botão “*The Dj go away*” faz com que o ninho actual seja destruído.

### 4.3.5 Demonstração do modelo

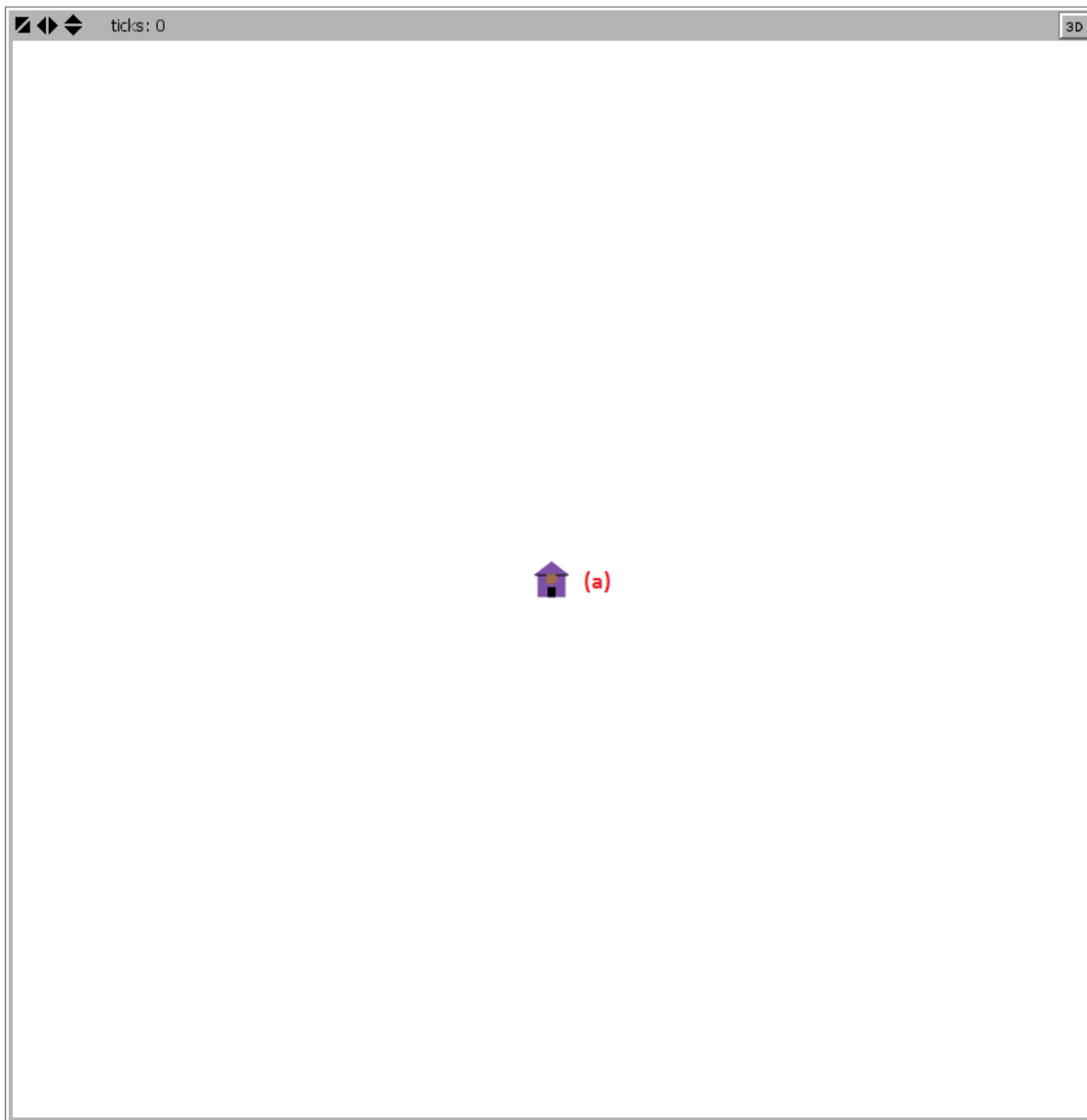
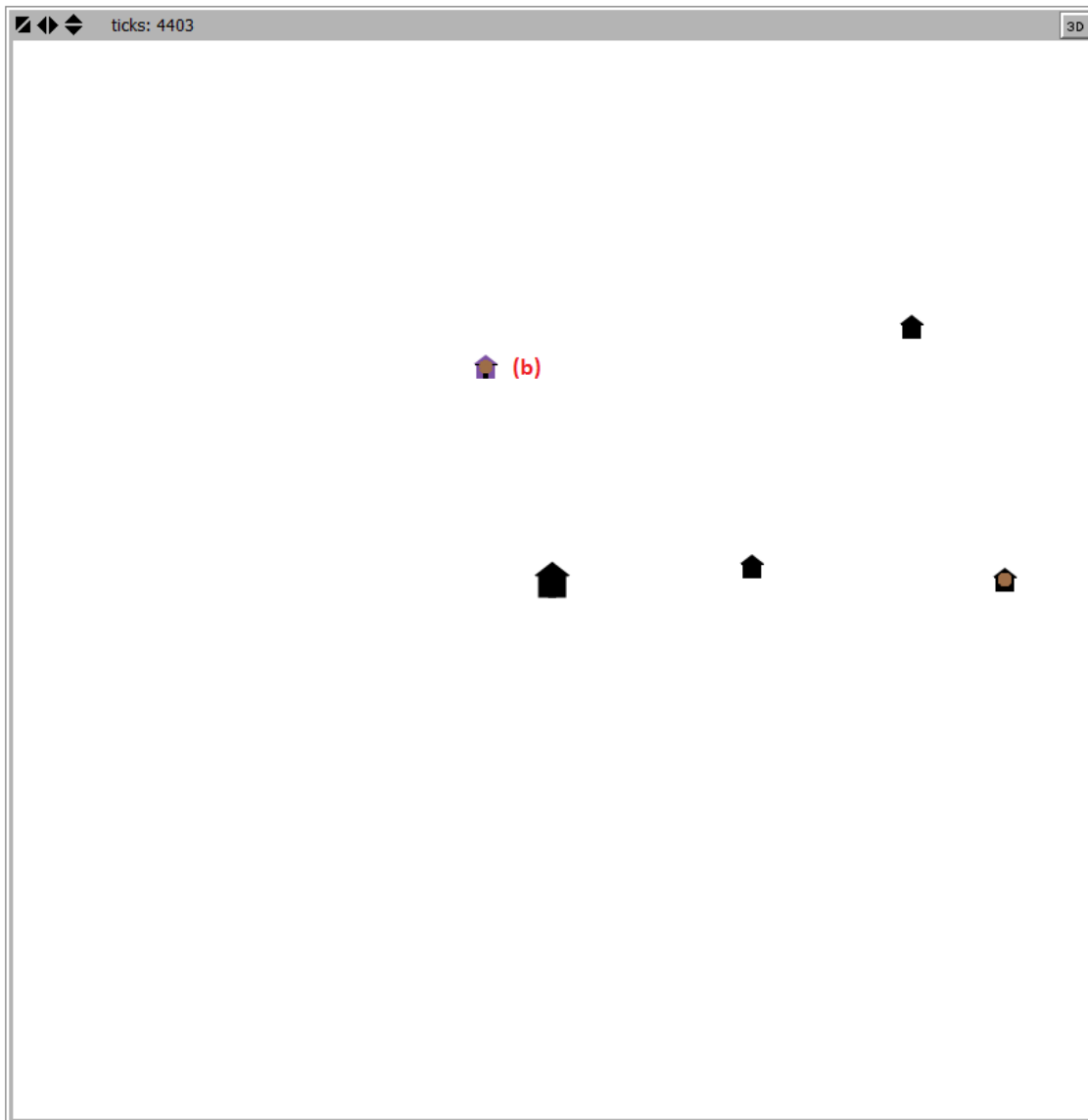


Figura 27: Início do ciclo do protótipo

Na Figura 27 início podemos ver em (a) o ninho actual, o dispositivo onde as músicas irão passar, o player.

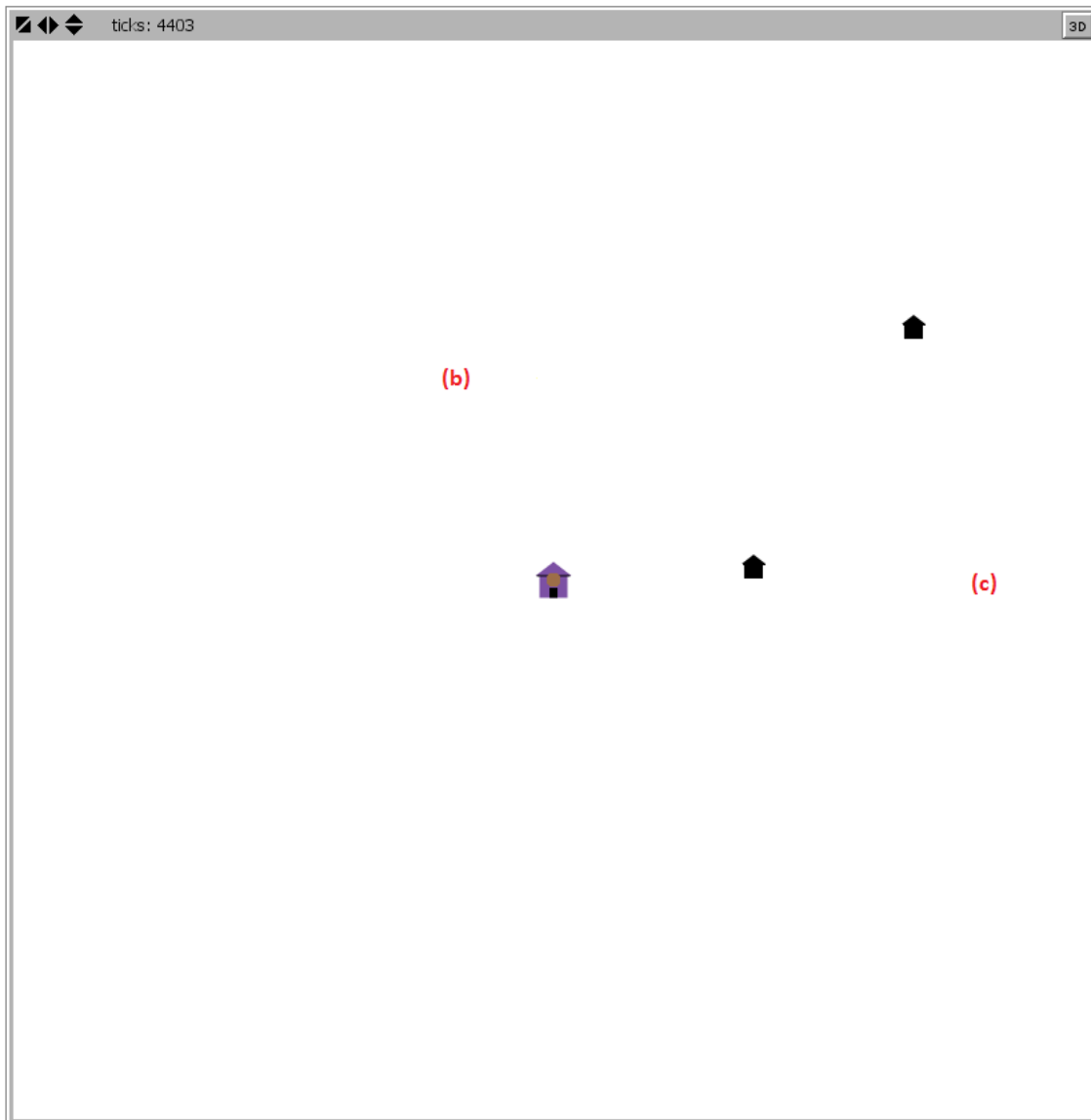
A cor roxa representa o ninho onde as abelhas consideram a sua casa actual.



**Figura 28: Novos ninhos e recruta**

Na Figura 28 aparecem novos ninhos que são representados como casas pequenas, sendo que a maior é o player. Nesta altura as abelhas andam de ninho em ninho procurando o melhor.

Quando encontram um melhor voltam para o actual e começam a recrutar. Quando as abelhas chegam a um consenso mudam-se para o novo ninho mudando a cor deste para roxo (b).



**Figura 29: Saída de dispositivos**

Se um dispositivo móvel for embora então o ninho que o representa deixa de existir como acontece em (c). Outra hipótese é o dispositivo que é o ninho actual ir embora (b). Neste caso o ninho actual passa a ser o player, Figura 29. Em ambas as situações as abelhas que estavam nesse ninho morrem e cabe ao ninho actual criar novas, para manter o seu número nos valores correctos.

### 4.3.6 Vídeo do modelo

Está disponível em vídeo este modelo no *Youtube* [15].

<http://www.youtube.com/watch?v=7m1n9UfMxkM>

Está também disponível o próprio modelo, para que o utilizador o possa usar. É de notar que precisará do Software que está presente na página do [38] com a versão 5.0.3.

<https://www.dropbox.com/s/jat1gwqhg67cv5o/Prot%C3%B3tipo.nlogo>



## Capítulo 5 MobileJukebox

A *MobileJukebox* é uma aplicação para *Smartphones* com o sistema operativo *Android*, que permite aos utilizadores ouvir música em grupo e interagir na decisão da escolha das mesmas. Cada utilizador pode escolher do seu repositório de músicas, aquelas que gostaria de ouvir passar.

A escolha de qual o utilizador, que passa a ser *DJ* actual, é feita anonimamente e democraticamente, apenas se baseando na qualidade do mesmo no que respeita a passar músicas. Cada *DJ* tem um valor associado a ele que assinala a sua popularidade no grupo. O valor varia entre 0 e 20, sendo que quanto maior for o seu valor maior será a probabilidade de ser eleito como *DJ* actual ou *DJ* que passa as músicas.

O valor de um *DJ* actual varia não só ao longo do tempo com varia consoante a popularidade da música que está a tocar no momento, ou seja, um utilizador pode votar se gosta ou não da música alterando directamente o valor de quem a está a passar.

Aplicação corre a partir do sistema operativo *Android* versão 2.2 (*FroYo*).

### 5.1 Definições

De modo a que o leitor compreenda como é que o modelo de abelhas se aplica à *MobileJukebox*, é descrito em baixo cada um dos intervenientes existentes neste e ao que se refere na aplicação *Android*.

- Ninho – Dispositivo móvel ligado à rede.
- *DJ* – Utilizador do dispositivo.
- *DJ* actual – Utilizador que foi eleito a passar as suas músicas.
- *Player* – Será o dispositivo que recebe as músicas do *DJ* actual e toca-as.

- Abelhas – Objectos de uma Thread no *DJ* actual que vão saltando de dispositivo em dispositivo em busca de um *DJ* com um valor superior.
- Recruta - Altura em que uma abelha procura outras que estejam no *DJ* actual.
- Dançar – Tempo que uma abelha tem para poder recrutar outras.
- Valor *DJ* – Valor entre 0 e 20 que corresponde à popularidade de cada *DJ*.

## 5.2 Comparação com o modelo Netlogo

Relativamente ao comportamento apresentado pelas abelhas no modelo protótipo todos os aspectos foram alcançados na aplicação *Android*.

O *player* é o ninho actual que será destruído quando um novo dispositivo móvel se ligar a este, criando assim um novo ninho.

As abelhas saltam de dispositivo em dispositivo avaliando se o valor do *DJ* é superior ao do seu ninho actual. No caso afirmativo as abelhas retornam ao ninho actual e tentam recrutar outras abelhas que estejam no ninho e que estejam no estado neutro. Se as abelhas chegarem a acordo o dispositivo para a qual estavam a recrutar torna-se o novo ninho.

A aplicação também continua a aceitar novos dispositivos ao longo do tempo assim como recria novas abelhas caso estas não voltem destes, ocorre um erro na comunicação ou simplesmente porque este se desligou da rede.

## 5.3 Conexão entre dispositivos

De modo a tentar criar uma rede sem fio onde os dispositivos com a aplicação *MobileJukebox* possam comunicar entre si, foram testados vários métodos para o efeito.

Em primeiro lugar foi testado o serviço criado pela *Android* para encontrar não só os dispositivos móveis que pertencem à mesma rede, como também dispositivos que não pertencem a essa rede mas que estão fisicamente perto uns dos outros.

O *Network Service Discovery* (NSD) [39] permite às aplicações identificar outros dispositivos ligados à rede que tenham a mesma aplicação a correr. Este serviço é muito útil

para jogos de múltiplos jogadores com utilizadores na mesma divisão, troca de ficheiros ou mesmo aceder remotamente a outras máquinas da mesma rede.

A implementação deste serviço na aplicação não é demasiadamente complicado.

É necessário registar primeiro o serviço na rede de modo a poder difundir os serviços da aplicação pela rede local. Todos os serviços necessitam de ter um nome único de modo a que qualquer dispositivo que use o NSD consiga encontrá-los na rede.

Sendo que uma rede local tem múltiplos serviços a decorrem ao mesmo tempo, desde impressoras a câmaras de rede, é necessários que o NSD receba todos os serviços que são difundidos na rede e os filtre de modo a que a aplicação apenas receba aqueles que são esperados. Para tal, o nome do serviço encontrado na rede tem de ser comparado com o nome do serviço local (nome do serviço gerado pela aplicação do dispositivo local) de modo a determinar se o dispositivo não obteve o serviço por ele transmitido. Depois de verificado o nome do serviço, a aplicação recebe informação detalhada deste, incluindo o endereço de IP e o número da porta que serão necessários para criar a conexão entre dispositivos. Depois de verificado é necessário saber se a aplicação aceita esse tipo de serviço, fase de filtragem. Se em caso afirmativo, então esse serviço será conectado à aplicação correcta.

Este método foi implementado na *MobileJukebox* e testado sem sucesso, pois a API necessária (4.1) para o usar é superior àquela que existe em ambos os telemóveis usados para o efeito. Sendo que o objectivo é a aplicação poder ser usada pelo maior número de telemóveis possíveis este método restringe-o, pelo que foi posteriormente removido para aplicação.

Outra alternativa seria o uso do *Wi-Fi Peer-to-Peer* mais conhecido por *Wi-Fi Direct* [40], também disponibilizado pela *Android*, que consiste em conectar directamente dois dispositivos sem que seja necessário existir um ponto de acesso intermédio. Este serviço permite encontrar dispositivos que usem o mesmo serviço e depois conectar-se a estes de uma forma mais rápida e a distâncias maiores que as que são usadas pelo *Bluetooth*. O modo como isto é realizado deve-se ao facto do utilizador ter permissões para aceder ao dispositivo *Wi-Fi*.

Uma grande vantagem do *Wi-Fi Direct* é a possibilidade de dois dispositivos de fabricantes diferentes poderem-se conectar entre si.

Este método também foi implementado na *MobileJukebox* e testado com sucesso, mas acabou por ser removido devido a duas questões muito importantes. A primeira deve-se ao facto que só um dos dois telemóveis disponíveis para testar este método possuía a opção de usar o *Wi-Fi Direct*, e a segunda prende-se novamente ao facto de só ser usado a partir de alguns dispositivos com a API 4.0, sendo que alguns com a API 2.3 como por exemplo o *Samsung*

*Galaxy S II* após algumas actualizações também o pudessem usar. Novamente o número de dispositivos que poderiam usar esta aplicação seria muito menos ao esperado.

A seguinte opção foi a utilização do *Wi-Fi mobile hotspot* [41], que é em muito parecido com os *Wi-Fi hotspots* encontrados em vários locais do mundo, como por exemplo bares, centros comerciais, escolas, parques, etc..., a única diferença é o facto de este ser usado por dispositivos móveis podendo deslocar a rede pelo espaço.

A grande vantagem é que a maioria dos sistemas operativos para telemóveis, caso da *Android*, *Windows Mobile* e a *iOS* já trazerem incorporada esta opção tornando mais fácil a criação de uma rede *Wi-Fi*.

Para criar uma rede *Wi-Fi hotspot* basta indicar o nome a dar à rede e o tipo de segurança sendo que neste caso se for do tipo *WPA2 PSK* é necessário também definir uma palavra-chave.

Esta foi a opção escolhida para ser usada na nossa aplicação já que ambos os telemóveis de teste têm-na disponível, assim como a maioria de dispositivos que são usados hoje em dia visto que começou a ser usada no *Android* a partir da API 2.2. De modo ao leitor perceber como criar uma rede *Wi-Fi hotspot* na *MobileJukebox* basta voltar a 4.2.1.

## 5.4 Comunicação entre dispositivos

O modo como os utilizadores comunicam entre si, é uma combinação de protocolos UDP e TCP/IP que foram implementados na aplicação.

O protocolo UDP [42], permite enviar mensagens no formato *datagrams* para outros dispositivos na mesma rede sem que seja necessária a criação de canais de comunicação especiais. É um protocolo simples baseado em mensagens em que não é necessária a criação de uma ligação *end-to-end* dedicada. A comunicação é alcançada transmitindo a informação numa direcção sem verificar se o lado que recebe esteja disponível.

O protocolo TCP [43], permite enviar dados em ambas as direcções da comunicação mas é necessário fazer *handshaking* [44], ou seja é necessário primeiro definir os parâmetros da comunicação antes desta começar. A comunicação só é alcançada se os dados enviados são recebidos pelo receptor, podendo ser necessário múltiplas tentativas para o efeito.

Diferenças entre ambos os protocolos:

- Fidedigno
  - UDP não é confiável pois o remetente de uma mensagem não sabe se esta foi recebida pelo receptor.
  - TCP é confiável pois a mensagem irá ser enviada várias vezes até que o receptor a receba ou então até obter uma exceção a indicar que a mensagem não pode ser enviada. O remetente sabe sempre se a mensagem foi enviada com sucesso ou não.
- Ordenação
  - UDP não respeita a ordem na qual as mensagens são enviadas podendo muitas vezes chegar ao receptor na ordem incorrecta.
  - TCP respeita a ordem das mensagens. Mesmo que uma mensagem chegue ao receptor na ordem incorrecta, é criado um atraso na recepção da mesma de modo a ser recebida na ordem correcta.
- Peso
  - UDP é um protocolo leve pois necessita de poucos recursos para enviar uma mensagem.
  - TCP é um protocolo pesado pois necessita de vários recursos para estabelecer uma comunicação bilateral.

De seguida é explicado onde foram usados este tipo de protocolos na *MobileJukebox*.

Quando um novo dispositivo (ninho) se conecta na rede é necessário que este se anuncie para toda a rede que é um novo ninho. Isto é feito usando o protocolo UDP.

Depois de criada uma mensagem indicando que é um novo ninho, esta é difundida por toda a rede. Todos os dispositivos que já estavam na rede recebem essa mensagem e adicionam o IP de quem a enviou à lista de ninhos existentes na rede. Para além disso o *player* depois de receber a mensagem envia também uma outra indicando o seu próprio IP para que no futuro possa ser usado o protocolo TCP para troca de mensagens.

O envio do nome das músicas que estão a tocar no momento para todos os dispositivos é feito usando protocolo TCP.

Quando uma música acaba e começa uma nova, é necessário enviar o nome dessa música para os restantes dispositivos, para que estes fiquem actualizados relativamente ao seu nome.

Para cada dispositivo que está na lista do *player* é criada uma ligação TCP que envia a mensagem com o nome da música.

O envio de votos favoráveis ou desfavoráveis é feito usando o protocolo TCP.

Sempre que um utilizador vota numa música, o voto tem de ser enviado para o *DJ* actual para que possa ser recalculado a qualidade do mesmo.

É criada uma mensagem indicando o tipo de voto que é, remetendo de seguida essa mensagem para o *DJ* actual. Este ao verificar o voto, incrementa um ponto ao tipo que é. No final da música o número de voto para cada tipo irá determinar se o valor do *DJ* aumenta, diminui ou mantém-se.

A indicação que um dispositivo passa a ser o ninho actual das abelhas é feita usando o protocolo TCP.

A chegada a um consenso por parte das abelhas também vai fazer com que seja necessário enviar uma mensagem ao ninho escolhido indicando que este passa a ser o ninho na qual as abelhas habitam.

São enviadas duas mensagens para esse dispositivo, a primeira indicando ao ninho que este passa a ser o ninho actual e a segunda indicando o número de abelhas que se vão deslocar para este.

A interacção das abelhas com os ninhos também é feita usando o protocolo TCP.

Quando uma abelha decide procurar um ninho é enviada uma mensagem a este contendo o objecto abelha. Depois de a abelha avaliar o novo ninho é retornada a mensagem com a abelha, podendo os seus parâmetros terem sido alterados consoante o resultado dessa avaliação.

O envio da música também usa o protocolo TCP.

Depois de acabar uma música é necessário saber qual será a próxima música a passar. Se for o caso de ser o ninho actual a passar a sua música, é necessário que este a envie para o *player*.

O modo como isto ocorre segue a seguinte ordem:

1. O *player* envia uma mensagem a dizer que o *DJ* pode enviar uma música.
2. O *DJ* envia o nome da música.
3. O *player* envia uma mensagem com a confirmação que recebeu o nome da música.
4. O *DJ* envia a música.
5. O *player* envia uma mensagem com a confirmação que recebeu a música.
6. O *player* envia a duração da música para que o *DJ* só envie a próxima música quando a actual acabar.

Saber se um dispositivo saiu da rede é descoberto usando o protocolo TCP.

A cada um minuto, um *DJ* verifica se cada um dos dispositivos que tem na sua lista ainda está conectado à rede.

Para todos os dispositivos é enviado uma mensagem a perguntar se este ainda existe. Em caso negativo, este dispositivo é retirado da lista.

## 5.5 Interacção das abelhas nos ninhos

Sendo que cada dispositivo é considerado um ninho quando este se liga a uma rede, é criada uma *thread* que ficará à espera de mensagens transmitidas do ninho actual contendo abelhas.

As abelhas são objectos cujos parâmetros são:

- Valor do ninho actual – para poder comparar com o valor de outros ninhos.
- Id – Identificador único de cada abelha
- Estado – Estado na qual a abelha se encontra no momento.
- Dança – Tempo que uma abelha possui para poder dançar.

Para cada abelha é criada uma *thread* nova. É nesta *thread* que as funcionalidades das abelhas irão decorrer.

Em primeiro lugar uma abelha cujo estado é “NoNinho”, ou seja, ainda não saiu para procurar um outro, tem 1/3 de probabilidade de sair deste em busca de um novo. A escolha de qual o ninho para onde esta se desloca é obtido aleatoriamente a partir da lista de ninhos disponíveis. Se a abelha decidir não sair então espera dois segundos antes de tentar sair novamente. No caso de a abelha sair, muda o seu estado para “Procura” e já no novo ninho avalia-o comparando o seu valor com o valor do actual. Esta avaliação demora cerca de meio segundo, voltando de seguida para o ninho actual com o intuito de recrutar outras abelhas caso o valor encontrado seja superior. Se o valor for inferior então a abelha volta para o ninho actual e muda o seu estado para “NoNinho” novamente.

No caso de começar a recrutar o seu estado passa a “Recrutar”. O tempo que uma abelha tem para recrutar/dançar varia consoante a qualidade do ninho para onde estão a recrutar, Tabela 2. Nesta fase a abelha procura uma outra cujo estado seja “NoNinho”, ambas as abelhas dançam em conjunto simulando a operação de recruta. A abelha que está a ser recrutada, tem o estado “SerRecrutada”, dança um segundo antes de mudar o seu estado para “Recrutar”.

Valor do ninho	(Valor do ninho) / 4	Categoria	Resultado	Valor do ninho	(Valor do ninho) / 4	Categoria	Resultado
1	0.25	$\leq 1$	Dança 1s	11	2.75	$> 2 \ \&\& \leq 3$	Dança 3s
2	0.50	$\leq 1$	Dança 1s	12	3.00	$> 2 \ \&\& \leq 3$	Dança 3s
3	0.75	$\leq 1$	Dança 1s	13	3.25	$> 3 \ \&\& \leq 4$	Dança 4s
4	1.00	$\leq 1$	Dança 1s	14	3.50	$> 3 \ \&\& \leq 4$	Dança 4s
5	1.25	$> 1 \ \&\& \leq 2$	Dança 2s	15	3.75	$> 3 \ \&\& \leq 4$	Dança 4s
6	1.50	$> 1 \ \&\& \leq 2$	Dança 2s	16	4.00	$> 3 \ \&\& \leq 4$	Dança 4s
7	1.75	$> 1 \ \&\& \leq 2$	Dança 2s	17	4.25	$> 4 \ \&\& \leq 5$	Dança 5s
8	2.00	$> 1 \ \&\& \leq 2$	Dança 2s	18	4.50	$> 4 \ \&\& \leq 5$	Dança 5s
9	2.25	$> 2 \ \&\& \leq 3$	Dança 3s	19	4.75	$> 4 \ \&\& \leq 5$	Dança 5s
10	2.50	$> 2 \ \&\& \leq 3$	Dança 3s	20	5.00	$> 4 \ \&\& \leq 5$	Dança 5s

Tabela 4: Tempo que uma abelha tem para recrutar

Quando se chega a um consenso então está na altura de seleccionar um novo *DJ*

## 5.6 Selecção de um novo *DJ*

O método pela qual é seleccionado um novo *DJ* é o mesmo que é representado tanto nos artigos como nos modelos *Netlogo*.

Depois das abelhas encontrarem um ninho com valor superior e começarem a recrutar para este, é feita uma contagem de quantas abelhas estão a recrutar para esse ninho. Se o número de abelhas for superior a dois terços do número total, então é chegado a um consenso, enviando de seguida a mensagem para o novo ninho a indicar que este passa a ser o ninho actual assim como envia também o número de abelhas que estavam nesse ninho de modo a simular a deslocação da colónia para o novo.

## 5.7 Valor do *DJ*

O valor que representa a qualidade de um *DJ*, ou seja o valor do ninho, pode ser alterado das seguintes maneiras:

### Aumentar:

- Número de votos “*LIKE*”.
- Ao longo do tempo em que não é *DJ*.

### Diminuir:

- Número de votos “*DONT LIKE*”.
- Ao longo do tempo que é *DJ*.
- Caso seja *DJ* e não tenha músicas para tocar.

- O valor pode aumentar ou diminuir consoante o número de votos “*LIKE*” e “*DONT LIKE*” que obtiver. No final de cada música é contabilizado o número de votos

recebido e é efectuado um cálculo para verificar se o *DJ* deve manter o seu valor aumentar ou diminuir em 1 ponto.

O cálculo é feito da seguinte forma:

1. Verificar se se deve aumentar o valor do *DJ*.

$$\text{Número de votos positivos} / \text{Número de } DJ\text{s (excepto ele próprio)} = X$$

Se  $X > 0,5$  então é adicionado 1 ponto ao valor do *DJ*, desde que este não tenha já o limite máximo que é 20.

2. Se  $X \leq 0,5$  temos de verificar se se deve diminuir o valor do *DJ*.

$$\text{Número de votos negativos} / \text{Número de } DJ\text{s (excepto ele próprio)} = X$$

Se  $X > 0,5$ , então é subtraído 1 ponto ao valor do *DJ*, desde que este não tenha já o limite mínimo que é 0.

3. Se  $X < 0,5$  para ambos os casos, então mantem-se o valor do *DJ*.

Exemplo: Vamos exemplificar imaginando o cenário em que há 3 *DJs* e que só dois deles votam pois o terceiro não pode votar na sua própria música. Tabela 3.

Tipo de votação \ <i>DJs</i>	<i>DJ A</i>	<i>DJ B</i>	Resultado
Votação 1	Vota positivamente	Não vota	Valor mantem-se
Votação 2	Vota negativamente	Não vota	Valor mantem-se
Votação 3	Vota positivamente	Vota positivamente	Aumenta 1 ponto
Votação 4	Vota negativamente	Vota negativamente	Diminui 1 ponto
Votação 5	Vota positivamente	Vota negativamente	Valor mantem-se
Votação 6	Não vota	Não vota	Valor mantem-se

Tabela 5: Possíveis resultados após votação de uma música

- Outra forma de alterar o valor do *DJ* é diminuir o seu valor ao longo do tempo.

Optou-se por introduzir este tipo de degradação para o caso de ninguém votar nas músicas, fazendo com que o *DJ* actual se mantivesse o mesmo ao longo do tempo, não permitindo a outros *DJs* passarem as suas próprias músicas.

De modo a não utilizar em demasia esta degradação, optou-se por usá-la de quatro em quatro minutos, que é o tempo médio que uma música geralmente tem.

- Todos os *DJs* que não conseguem chegar a *DJ* actual ao fim de oito minutos vêm o seu valor aumentar em um ponto. Optou-se por utilizar este acréscimo no valor destes *DJs* para que estes tenham uma hipótese de passar as suas músicas no futuro.
- A última forma possível para que o valor se altere, é o caso de este não ter nenhuma música na sua lista de reprodução quando lhe é pedido para enviá-la para o player.

Neste caso o valor diminui em dois pontos, para que a mudança de *DJ* seja mais rápida, visto que este não está a inserir qualquer música sua e para que possa dar a vez a outros *DJs* presentes.

## 5.8 Selecção de Músicas

A escolha de qual a música que será tocada a seguir segue uma ordem que será explicada de seguida.

Se apenas existir um dispositivo na rede, ou seja o player, então a selecção de músicas é feita consoante a ordem em que estas estão dispostas na sua lista de reprodução.

Caso existam mais do que um dispositivo na rede, a selecção da música pode ser feita de três maneiras diferentes.

1. O *player* não é o *DJ* actual, logo vai pedir a este para que envie a primeira música da sua lista de reprodução, caso este tenha alguma.
2. O *player* não é o *DJ* actual, mas este não tem nenhuma música inserida na sua lista de reprodução. Neste caso o player passa a primeira música da lista de reprodução caso tenha alguma.
3. O *player* é o *DJ* actual e irá passar a primeira música da sua lista de reprodução.

Pode ocorrer o caso em que tanto o *DJ* actual como o *player* não têm nenhuma música nas suas respectivas listas de reprodução. Neste caso nenhuma música é tocada.

## 5.9 Funcionamento


O funcionamento da *MobileJukebox* tanto para quem passa as músicas como para quem é o público, ou seja player e utilizadores normais respectivamente, será explicado de seguida.

### 5.9.1 Player

O *player* será o utilizador do dispositivo móvel que passará todas as músicas que forem seleccionadas pelos *DJs* actuais. Por exemplo o dono de um bar ou café, ou mesmo uma pessoa que liga o seu dispositivo a umas colunas na festa de um amigo.

O *player* pode também participar no evento social como um utilizador normal seleccionando as suas músicas que gostaria de ver passar.

#### ETAPAS

1. Abrir a aplicação *MobileJukebox* com o ícone .
2. Quando o menu inicial aparecer, Figura 30, seleccione a opção “DJ”.

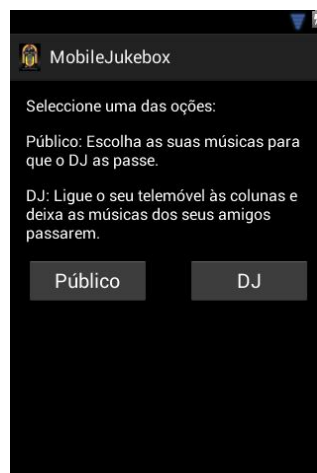


Figura 30: Menu Inicial do Player

3. Quando o menu aparecer, Figura 31, é necessário primeiro criar a sua rede *Wi-Fi hotspot* seleccionando a opção “Ligar *Wi-Fi*”.

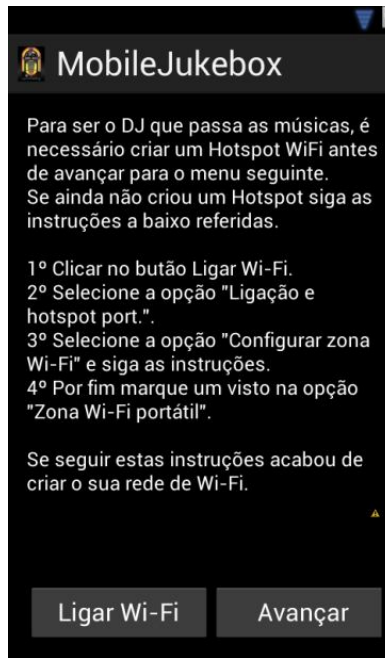


Figura 31: Menu Criar DJ

- De seguida seleccionar a opção “*Ligação e hotspot port.*”, Figura 32.

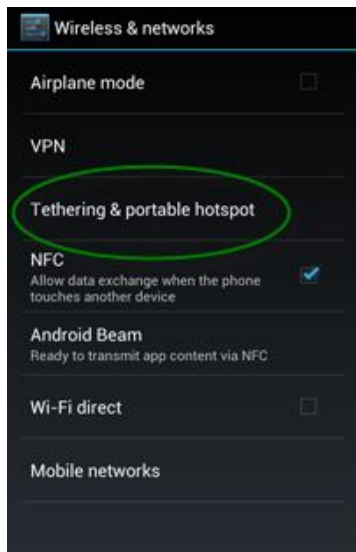


Figura 32: Ligação e hotspot port

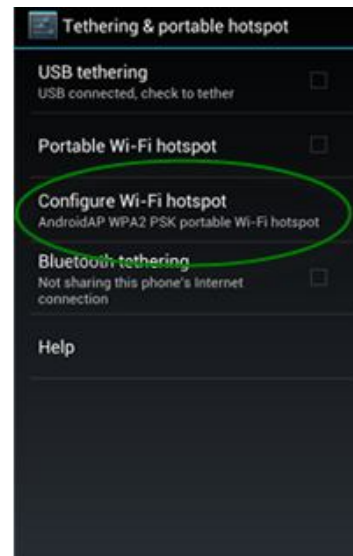
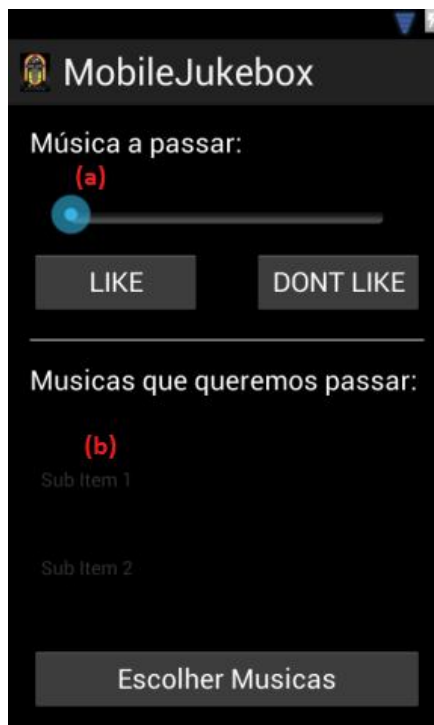


Figura 33: Configuração e activação da rede

- Seleccionar a opção “*Configurar zona Wi-Fi*”, Figura 33, e seguir as instruções.

De modo a que outros utilizadores percebam qual a rede que devem seleccionar para se poderem ligar, é necessário que o player dê um nome sugestivo ou então afixe no local de evento o nome desta.

6. Depois de configurada a rede, basta marcar com um visto a opção “Zona Wi-Fi portátil”, Figura 17.
7. De volta ao menu de criação de *DJ* seleccionar a opção “Avançar”
8. Este novo menu será o menu principal do *player*, Figura 34.



**Figura 34: Menu *Player***

Em (a) existe um campo contendo o nome da música que está a tocar na altura e por baixo deste encontra-se um *slider* com o progresso da mesma.

Em (b) existe um campo contendo o nome das músicas do seu repositório que o player gostaria de ouvir passar, a lista de reprodução. O número de músicas que podemos inserir neste campo não pode ser superior a 15 de modo a que o utilizador não precise de estar sempre a inserir músicas mas que também não insira um número ilimitado e deixe de interagir com a selecção de *DJs*. O utilizador pode também remover essas músicas de modo a preferir inserir outras na lista.


O botão “*Escolher Músicas*” permite ao utilizador visualizar todos os ficheiros em formato *MP3* ou *MP4* existentes no telemóvel, podendo depois seleccionar quais aqueles que quer inserir no campo (b). Quando um utilizador insere uma música esta é colocada no último lugar da lista e quando este é seleccionado para ser o *DJ* actual a primeira música da lista será a escolhida para passar no *player*.

Neste menu o *player* tem também a possibilidade de votar na música que está a passar desde que não seja uma das suas, seleccionando o botão “*LIKE*” se gostar da música e “*DONT LIKE*” se caso contrário. A votação apenas pode ser feita uma vez por cada música que está a passar, ou seja se votar uma vez em “*LIKE*” não poderá votar outra vez até essa música acabar, gostando ou não.

## 5.9.2 Cliente

O cliente será o utilizador normal que entra num bar, discoteca, festa, etc..., onde existe um *player* com a aplicação *MobileJukebox* ligada e participa nesse evento social inserindo as suas músicas para que possam passar quando este for o *DJ* actual.

### ETAPAS

1. Abrir a aplicação *MobileJukebox* com o ícone .
2. Quando o menu inicial aparecer, Figura 30, seleccione a opção “*Público*”.
3. Quando o menu aparecer, Figura 35, se o seu *Wi-Fi Manager* estiver desligado este será ligado automaticamente de modo a poderem ser encontradas redes *Wi-Fi* perto de si. Quando tocar no botão “*Refresh*” serão mostradas as redes disponíveis, tendo que seleccionar de seguida a rede na qual a *MobileJukebox* está ligada.

Dependendo do tipo de segurança que a rede possui poderá ter de ser necessário inserir uma palavra-chave de modo a se puder ligar.

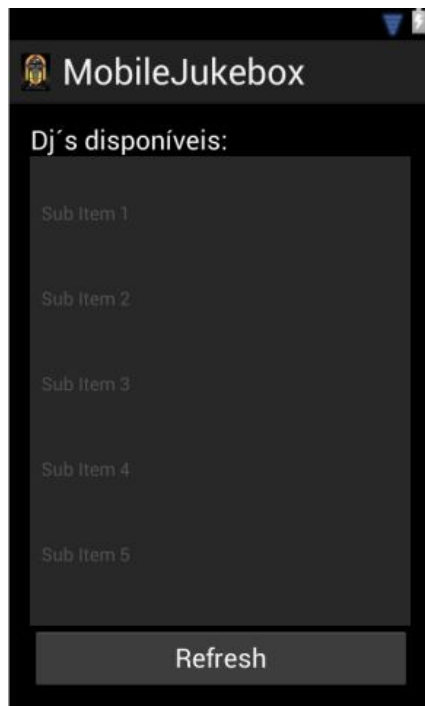


Figura 35: Procurar redes disponíveis

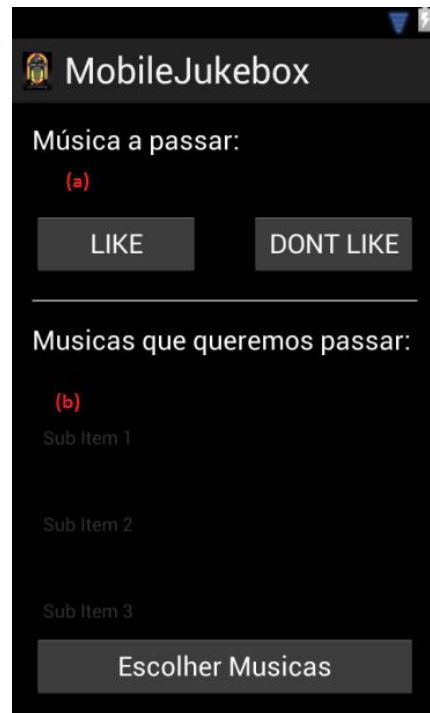


Figura 36: Menu Utilizador

4. Este novo menu será o menu principal do utilizador, Figura 36.

Este menu é em muito parecido com o do *player* visto que ambos pretendem exactamente o mesmo. A única diferença para o menu do *player* é que este não possui o slider com o progresso da música.

## Capítulo 6 Discussão e Trabalho Futuro

Neste trabalho pretendeu-se desenvolver uma solução para ambientes de partilha de música em grupo que se adequem aos dias de hoje e à tecnologia existente.

Em primeiro lugar foram construídos modelos em *Netlogo* baseados no comportamento social entre animais, na chegada a um consenso face a uma catástrofe. O consenso social entre os animais foi o escolhido para ser usado na *MobileJukebox*, pois é simples, descentralizado e permite que haja uma decisão global e não individual, ou seja, a decisão de um único animal não implica que toda a colónia a siga, sendo necessário que a maioria tenha chegado à mesma decisão.

Após ter escolhido o modelo mais adaptável que poderia ser usado na aplicação, foi construído um protótipo também em *Netlogo*, que se assemelha mais às condições possíveis que uma aplicação móvel possa utilizar.

Esta aplicação tira proveito dos processos de decisão dos animais sociais unindo-os ao formato *jukebox*, tornando-a pioneira neste campo. A aplicação não pretende alterar o formato original da *jukebox*, em que é disponibilizado uma forma de interação com o sistema para cativar as pessoas na sua utilização. A maneira na qual a selecção de músicas é efectuada, é que difere do formato, pois ao invés de a música ser seleccionada por uma única pessoa, inserindo uma moeda no aparelho, a música é seleccionada baseando-se no valor do *DJ* que as está a passar nunca sabendo qual será a próxima música. Se um *DJ* é muito popular, ou seja, as pessoas gostam das músicas que ele passa, então é provável que as músicas que este passará no futuro também sejam do agrado destas.

Utilizando a tecnologia *Android*, foi possível realizar com sucesso com base nos testes efectuados, usando apenas dois dispositivos móveis, todos os aspectos que foram propostos no início da dissertação. O uso desta tecnologia permite também que a aplicação possa correr na maioria dos *Smartphones* existentes no mercado, que era um dos objectivos principais a serem alcançados.

A realização da aplicação deparou-se com vários obstáculos no seu decorrer, desde a falta de conhecimento relativo à linguagem *Android*, aos problemas de conexão encontrados, o

número de comunicações abertas ao mesmo tempo e até ao facto de possuir um número limitado de dispositivos móveis onde a pudesse testar.

É devido a este último aspecto que não pode ser excluída a possibilidade de existirem pequenos *bugs* no decorrer da aplicação, pois nos testes efectuados apenas foram utilizados dois dispositivos móveis no que seria ideal usar pelo menos três ou quatro.

Apesar destas adversidades concluiu-se que a aplicação pode ser usada em eventos em que não haja muitas pessoas envolvidas. Permitiu também adquirir conhecimentos de ferramentas e linguagens de programação que não foram ensinadas nas disciplinas da FCUL.

Quanto ao trabalho futuro existem alguns aspectos que podem ser melhorados nomeadamente:

- Filtrar de algum modo as músicas que são seleccionadas, pois pode existir o caso em que as músicas que passam não correspondam ao nome que aparece no visor.
- Limitar se necessário o tamanho das músicas de modo a não serem muito grandes, podendo ocorrer o caso de aparecer por exemplo músicas com mais de trinta minutos.
- Tornar a aplicação mais robusta de modo a evitar falhas de segurança.
- Implementar o código em outros sistemas operativos, especialmente o *iOS*, de modo a aumentar o número de *Smartphones* onde a aplicação pode correr.
- Tornar mais apelativo o *design* gráfico.
- Suportar múltiplas linguagens.

## Bibliografia

[1]. **História da Jukebox [Online] [Citação Setembro de 2013]**

<http://juke-box.dk/gert-history88-13.html>

[2]. **Jukebox, Wikipédia [Online] [Citação Setembro de 2013]**

<http://en.wikipedia.org/wiki/Jukebox>

[3]. **MoSoSo, Wikipédia [Online] [Citação Setembro de 2013]**

<http://en.wikipedia.org/wiki/MoSoSo>

**Larissa Conradt**, “Review article: Models in animal collective decision-making: information uncertainty and conflicting preferences”, publicado em 2013.

<http://rsfs.royalsocietypublishing.org/content/early/2011/12/14/rsfs.2011.0090.full>

**David J.T. Sumpter, Stephen C. Pratt**, “Quorum responses and consensus decision making”, publicado online em 11 de Dezembro de 2008. doi: 10.1098/rstb.2008.0204.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2689713/>

**Surowieck, J.**, “The Wisdom of the Crowds.”, publicado em 2004.

<http://www.randomhouse.com/features/wisdomofcrowds/index.html>

**David J. T. Sumpter**, “Collective Animal Behavior”, chapter 4 – *Making Decisions*, publicado pela Princeton University Press, 2010.

<http://mit.undip.ac.id/ebook/files/561%20-%20Collective%20Animal%20Behavior.pdf>

**A. Dussutour, N. Colasurdo, S. C. Nicolis, Emma Despland**, “How do ants and social caterpillars collectively make decisions?”, publicado em 2007.

<http://dussutou.free.fr/Dussutour%20Audrey%20Chapter.pdf>

**Stephen Pratt, Eamonn Mallon, David Sumpter, Nigel R. Franks**, “Quorum Sensing, Recruitment and Collective Decision-Making During Colony Emigration by the Ant *Leptothorax Albipennis*”, *Behavioural Ecology and Social Biology* 52 (2), Julho de 2002, 117-127.

**Nigel R. Franks & Ana B. Sendova-Franks**, “Brood sorting in ants: distributing the workload over the work-surface.”, 1992, *Behav. Ecol. Sociobiol.* 30, 109-123.

**Nigel R. Franks & J. L. Deneubourg**, “Self-organizing nest construction in ants: individual worker behavior and the nest’s dynamics.”, 1997, *Anim. Behav.* 54, 779-796.

**Nigel R. Franks, Stephen C. Pratt, Eamonn Mallon, Nicholas F. Britton and David J. T. Sumpter**, “Information flow, opinion polling and collective intelligence in house-hunting social insects”, publicado em 29 de Novembro de 2002, doi: 10.1098/rstb.2002.1066, 1567-1583.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1693068/pdf/12495514.pdf>

**Nigel R. Franks, Anna Dornhaus, Jon P Fitzsimmons, Martin Stevens**, “Speed versus accuracy in collective decision making.”, publicado 7 de Dezembro de 2003 doi: 10.1098/rspb.2003.2527.

**Ana B. Sendova-Franks & Nigel R. Franks**, “Demonstrating new social interactions in ant colonies through randomization tests: separating seeing from believing.”, 1995, *Animal Behavior* 50 (6), 1683-1696.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0003347295800212>

**Nigel R. Franks & Ana B. Sendova-Franks**, “Queen transport during and colony emigration: a group-level adaptive behavior”, 2000, *Behavioral Ecology* 11 (3), 315-318.

**Stephen Pratt, David Sumpter, Eamonn Mallon e Nigel Franks**, “An agente-based model of collective nest choice by the ant *Temnothorax albipennis*”, publicado online em 13 de Setembro de 2005.

<http://www2.math.uu.se/~david/web/PrattSumpter05.pdf>

**Elva J. H. Robinson, Faith D. Smith, Kathryn M. E. Sullivan and Nigel R. Franks**, “Do ants make direct comparisons?”, School of Biological Sciences, University of Bristol, Woodland Road, Bristol BS8 1UG, UK, 22 April 2009 doi: 10.1098/rspb.2009.0350.

**Stephen Pratt**, “Quorum Sensing by Encounter Rates in the Ant *Temnothorax Albipennis*”, Behavioral Ecology 15 (2), Janeiro de 2005, 488-496

**N. F. Britton, N. R. Franks, S. C. Pratt and T. D. Seeley**, “Deciding on a new home: how do honeybees agree?”, Proc, R. Soc. Lond, b 2002 269, 1383-1388, Março de 2002.  
<http://www.public.asu.edu/~spratt1/Assets/Publications/Britton%20et%20al%202002.pdf>

**Kevin M. Passino and Thomas D. Seeley**, “Modeling and analysis of nest-site selection by honeybee swarm: the speed and accuracy trade-off”, publicado online a 11 de Outubro de 2005.  
<http://www.ai.ru.nl/aicourses/mki44/slides/SwarmIntelligence/literature/Passino06%20-%20BCO.pdf>

**Jay D. Evans and Diana E. Wheeler**, “Differential gene expression between developing queens and workers in the honey bee, *Apis mellifera*”, 17 de Março de 1999.

**Martin Lindauer**, “Schwarmbienen auf Wohnungssuche.”, Zeitschrift fur vergleichende Physiologie, 37:263-324. P.275. Traduzido por P. K. Visscher, 1955.

**Martin Lindauer**, “Communication among social bees.”, New York, NY: Atheneum, 1961.

**Seeley, T. D., Visscher, P. K.**, “Choosing a home: how the scouts in a honey bee swarm perceive the completion of their group decision making.” Behavioral Ecology and Sociobiology 54, 511-a520. 2003.

**Lee Anne Lewis, Stanley Scott Schneider, Gloria Degrandi-Hoffman**, “Factors influencing the selection of recipients by workers performing vibration signals in colonies of the honeybee, *Apis mellifera*”, Fevereiro de 2002, 361-367.

**Stanley S. Schneider, S. Painter-Kurt, G. Degrandie-Hoffman**, “The role of the vibration signal during queen competition in colonies of the honeybee, *Apis mellifera*”, Junho de 2001, 1173-1180.

**Seely, T. D., Visscher, P. K., Passino, K. M.**, “Group Decision Making in Honeybee Swarms.”, *American Scientist* 94, 220-229, publicado em 2006.

**Seeley, T. D., Buhrman, S. C.**, ”Nest-site selection in honey bees: how well do swarms implement the ‘best-of-N’ decision rule?”, *Behavioral Ecology and Sociobiology* 49, 416-427, publicado em 2001.

**S. Camazine, P. K. Visscher, J. Finley, R. S. Vetter**, “House-hunting by honey bee swarms: collective decisions and individual behaviors”, Novembro de 1999, 348-360.

**Kento O’Hara, and Barry Brown**, “Consuming Musci Together: Social and Collaborative Aspects of Music Consumption Technologies”, capítulo 5 “Distributing the process of music choice in public spaces”, publicado a 23 de Novembro de 2010.

**Amanda E. Krause, Adrian C. North and Lauren Y. Hewitt**, “Music-listening in everyday life: Devices and choice”, Publicado online em a 14 de Agosto de 2013, doi: 10.1177/0305735613496860

**[4] Fonógrafo, Wikipédia [Online] [Citação Setembro de 2013]**

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Fon%C3%B3grafo>

**[5] Gramofone, Wikipédia [Online] [Citação Setembro de 2013]**

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Gramofone>

**[6] Boombox, Wikipédia [Online] [Citação Setembro de 2013]**

<http://en.wikipedia.org/wiki/Boombox>

**[7] Walkman, Wikipédia [Online] [Citação Setembro de 2013]**

<http://en.wikipedia.org/wiki/Walkman>

**[8] Discman, Wikipédia [Online] [Citação Setembro de 2013]**

<http://en.wikipedia.org/wiki/Discman>

**[9] MP3, Wikipédia [Online] [Citação Setembro de 2013]**

<http://en.wikipedia.org/wiki/Mp3>

[10]. Apple Inc., Wikipédia [Online] [Citação Setembro de 2013]

[http://en.wikipedia.org/wiki/Apple\\_Inc.](http://en.wikipedia.org/wiki/Apple_Inc.)

[11] iPod, Wikipédia [Online] [Citação Setembro de 2013]

<http://en.wikipedia.org/wiki/Ipod>

[12] iTunes, Wikipédia [Online] [Citação Setembro de 2013]

<http://en.wikipedia.org/wiki/iTunes>

iTunes, página oficial do iTunes [Online] [Citação Setembro de 2013]

<https://www.apple.com/pt/itunes/features/index.html>

Amy Volda, Rebecca E. Grinter, Nicolas Ducheneaut, W. Keith Edwards & Mark W. Newman, “Listening In: Practices Surrounding iTunes Music Sharing”, publicado em Abril de 2005.

<https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=gmail&attid=0.1&thid=141a3757e68de14b&mt=application/pdf&url=https://mail.google.com/mail/?ui%3D2%26ik%3D97e0a57df4%26view%3Datt%26th%3D141a3757e68de14b%26attid%3D0.1%26disp%3Dsafe%26realattid%3Dfhmm9rvwu0%26zw&sig=AHIEtbREeOwTQGdpq4fCEJ1jazPFxXXwVQ>

[13] Online Listening Rooms [Online] [Citação Setembro de 2013]

<http://www.wired.com/business/2011/06/online-listening-rooms/>

[14] Google+ Hangouts, Wikipédia [Online] [Citação Setembro de 2013]

[http://en.wikipedia.org/wiki/Google%2B\\_Hangouts](http://en.wikipedia.org/wiki/Google%2B_Hangouts)

[15]. Youtube, página oficial [Online] [Citação Setembro de 2013]

<http://www.youtube.com/>

[16] Turntable.fm, página oficial [Online, apenas disponível para os EUA]

<https://turntable.fm/>

Turntable.fm, página da evolver.fm [Online] [Citação Setembro de 2013]

<http://evolver.fm/tag/turntable-fm/>

[17] Facebook, Wikipédia [Online] [Citação Setembro de 2013]

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Facebook>

[18] Whawha.fm, página oficial [Online] [Citação Setembro de 2013]

<http://app.wahwah.co/>

[19]. Fonzi, página oficial [Online] [Citação Setembro de 2013]

<http://www.fonziapp.com/>

[20]. **Kenton O'Hara, Matthew Lipson, Marcel Jansen, Axel Unger, Huw Jeffries, Peter Macer**, “Jukola: Democratic Music Choice in a Public Space”.

[21]. **Ariana Bassoli, Stephen Braumann**, “BluetunA: music sharin through mobile phones”.

[22]. **K Eustice, V Ramakrishna, Nam Nguyen Nam Nguyen, P Reiher**, “The Smart Party: A personalized Location-Aware Multimedia Experience”

[23]. Roqbot [Online] [Citação Setembro de 2013]

<http://www.prnewswire.com/news-releases/startup-roqbot-reinvents-the-jukebox-as-mobile-app-raises-12-million-158582075.html>

[24]. TouchTunes Mobile [Online] [Citação Setembro de 2013]

<http://www.touchtunes.com/en/experiences/mobile/>

[25]. Playmysong [Online] [Citação Setembro de 2013]

<http://www.playmysong.com/>

[26]. **Arianna Bassoli, Johanna Brewer, & Karen Martin**, “Music and mobility under the city: Undersound”, publicado em 2007

<http://www.ics.uci.edu/~johannab/papers/brewer.undersound.papr2007.pdf>

**Jan Seeburger, Marcus Foth & Dian Tjondronegoro**, “Capital Music – Personal Expression with a Public Display of Song Choice”, 16 de Outubro de 2010.

<http://eprints.qut.edu.au/34423/3/34423P.pdf>

[27] Music: The Gathering, página da Evolver.fm [Online] [Citação Setembro de 2013]

<http://evolver.fm/2012/11/14/music-the-gathering-detects-smartphones-for-social-playlists-in-the-real-world/>

[28]. Página oficial da Android [Online] [Citação Setembro de 2013]

<http://www.android.com/about/>

Android, Wikipédia [Online] [Citação Setembro de 2013]

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Android>

[29]. Google, Wikipédia [Online] [Citação Setembro de 2013]

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Google>

[30]. Open Handset Alliance, Wikipédia [Online] [Citação Setembro de 2013]

[http://pt.wikipedia.org/wiki/Open\\_Handset\\_Alliance](http://pt.wikipedia.org/wiki/Open_Handset_Alliance)

[31]. Kantar, pesquisa de mercado [Online] [Citação Setembro de 2013]

<http://www.kantar.com/>

[32]. iOS, Wikipédia [Online] [Citação Setembro de 2013]

<http://en.wikipedia.org/wiki/IOS>

iOS, Apple developer[Online] [Citação Setembro de 2013]

<https://developer.apple.com/technologies/ios/>

[33]. iPhone, Wikipédia [Online] [Citação Setembro de 2013]

<http://en.wikipedia.org/wiki/IPhone>

[34]. iPad, Wikipédia [Online] [Citação Setembro de 2013]

<http://en.wikipedia.org/wiki/IPad>

[35]. iPod Touch, Wikipédia [Online] [Citação Setembro de 2013]

[http://en.wikipedia.org/wiki/IPod\\_Touch](http://en.wikipedia.org/wiki/IPod_Touch)

[36]. OS X, página oficial [Online] [Citação Setembro de 2013]

<http://www.apple.com/imac/osx/>

[37]. **Aplicativo Siri, página oficial [Online] [Citação Setembro de 2013]**

<http://www.apple.com/ios/siri/>

[38]. **Netlogo, página oficial [Online] [Citação Setembro de 2013]**

<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>

[39]. **Network Service Discovery, página da Android [Online] [Citação Setembro de 2013]**

<http://developer.android.com/training/connect-devices-wirelessly/nsd.html>

[40]. **Wi-Fi Direct ou Wi-Fi Peer-to-Peer, site da Android [Online] [Citação Setembro de 2013]**

<http://developer.android.com/guide/topics/connectivity/wifip2p.html>

[41]. **Wi-Fi Hotspot, Wikipédia [Online] [Citação Setembro de 2013]**

[http://en.wikipedia.org/wiki/Hotspot\\_%28Wi-Fi%29](http://en.wikipedia.org/wiki/Hotspot_%28Wi-Fi%29)

[42]. **UDP, Wikipédia [Online] [Citação Setembro de 2013]**

[http://en.wikipedia.org/wiki/User\\_Datagram\\_Protocol](http://en.wikipedia.org/wiki/User_Datagram_Protocol)

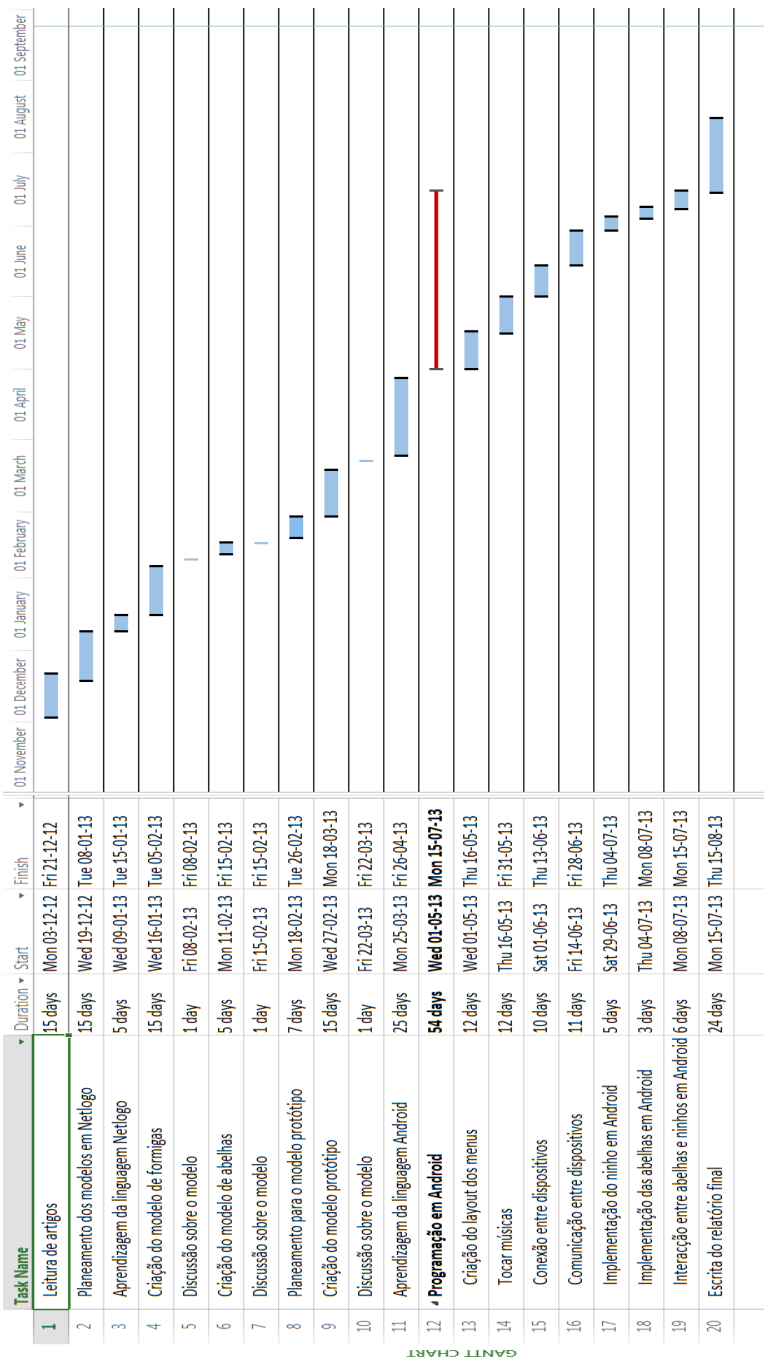
[43]. **TCP, Wikipédia [Online] [Citação Setembro de 2013]**

[http://en.wikipedia.org/wiki/Transmission\\_Control\\_Protocol](http://en.wikipedia.org/wiki/Transmission_Control_Protocol)

[44]. **Handshaking, Wikipédia [Online] [Citação Setembro de 2013]**

<http://en.wikipedia.org/wiki/Handshaking>

# Apêndice A Mapa de Gantt Previsto





# Apêndice B Mapa de Gantt Real

