



universidade
de aveiro

Departamento de Eletrónica Telecomunicações e Informática

Sistemas Inteligentes

2020/2021

Desafio 1 – Conhecimento e Inferência

Pedro Matos

85986

pedrolopesmatos@ua.pt

Simão Arrais

85132

simaoarraais@ua.pt

abril de 2021

Conteúdo

| | |
|-------------------------------|----|
| Contexto..... | 2 |
| Exercício 1 | 3 |
| Rede Semântica..... | 3 |
| Regras de Produção..... | 6 |
| Lógica de Primeira Ordem..... | 7 |
| Exercício 2 | 9 |
| Exercício 3 | 10 |
| GitHub..... | 14 |
| Conclusão..... | 14 |

Contexto

No âmbito da unidade curricular de Sistemas Inteligentes foi-nos proposto o desenvolvimento de um desafio com o objetivo de aplicar os conceitos lecionados sobre conhecimento e inferência e, a sua representação numa vertente mais prática, sobre a ferramenta Drools.

Este desafio consiste nas várias formas de representação do conhecimento e das regras que regem um sistema inteligente que controla o funcionamento de um sistema de ar condicionado. Numa primeira fase, o conhecimento é representado de diversas formas: usando uma rede semântica, regras de produção e lógica de primeira ordem. Numa última fase, implementa-se esse conhecimento usando a ferramenta Drools, um *plug-in* que utiliza como base a linguagem de programação Java.

Exercício 1

Rede Semântica

- a) Ligar se a pessoa for o José, caso a temperatura ambiente seja maior que 26 graus;

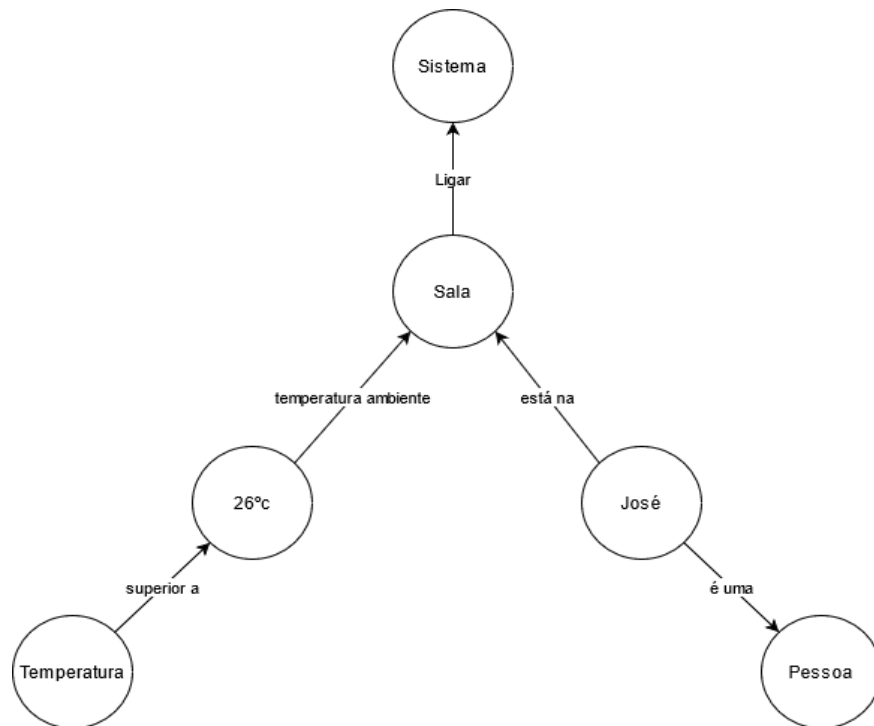


Figura 1 Representação da Rede Semântica da alínea a)

b) Desligar se a pessoa for o José, caso a temperatura ambiente seja menor que 20 graus;

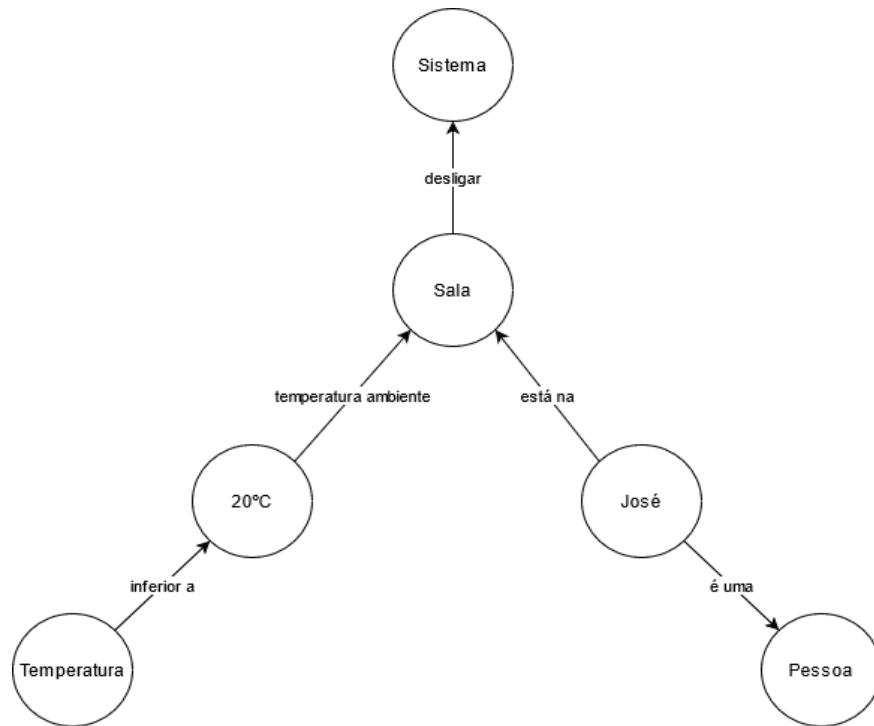


Figura 2 Representação da Rede Semântica da alínea b)

c) Ligar se a pessoa for o Manuel, caso a temperatura ambiente seja maior que 21 graus;

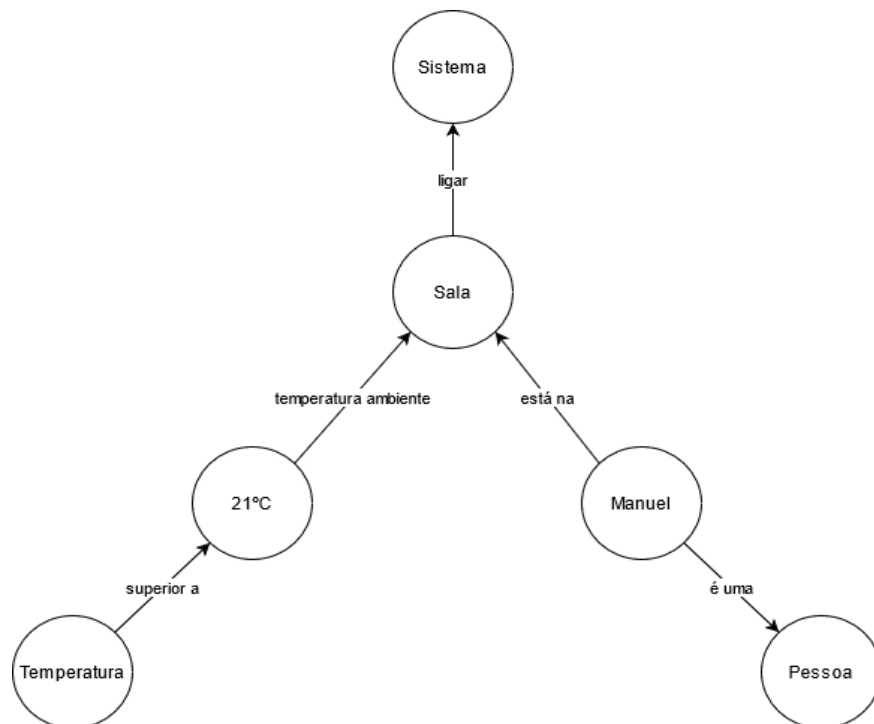


Figura 3 Representação da Rede Semântica da alínea c)

- d) Desligar se a pessoa for o Manuel, caso a temperatura ambiente seja menor que 18 graus;

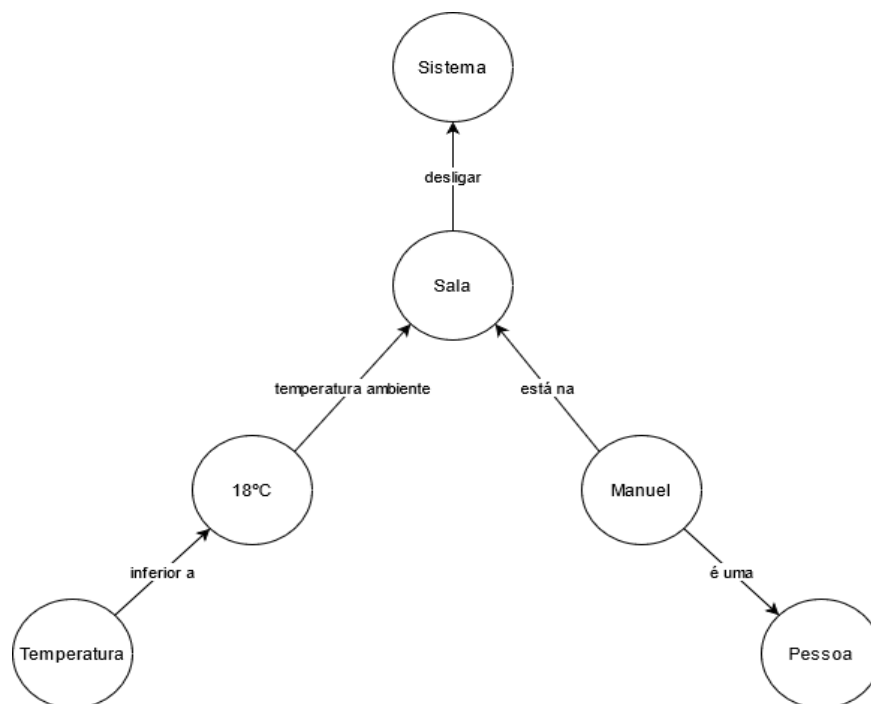


Figura 4 Representação da Rede Semântica da alínea d)

- e) Ligar se a pessoa for o Joaquim, caso a temperatura ambiente seja maior que 17 graus;

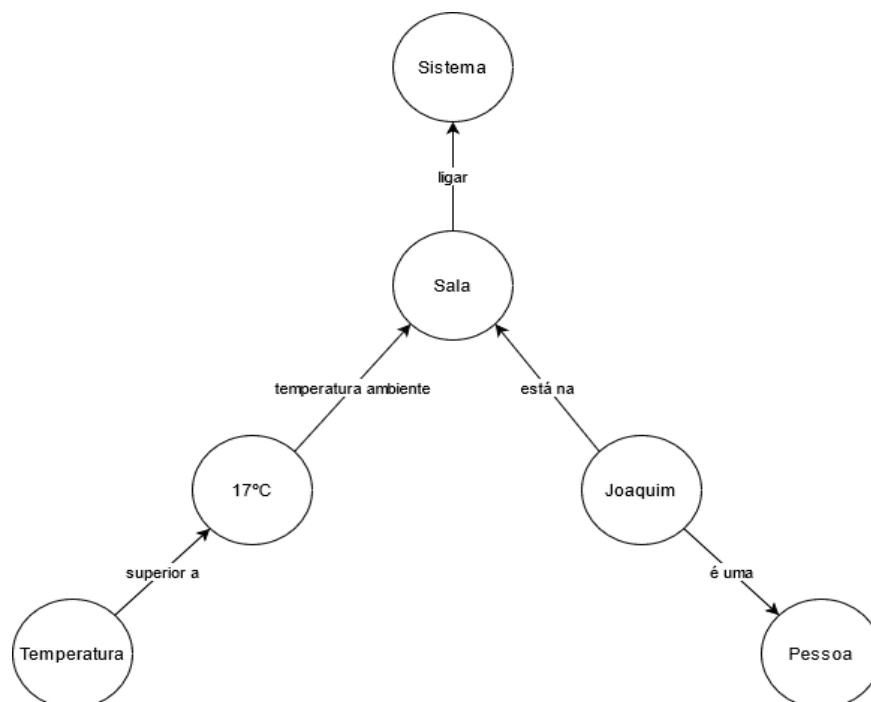


Figura 5 Representação da Rede Semântica da alínea e)

- f) Desligar se a pessoa for o Joaquim, caso a temperatura ambiente seja menor que 11 graus;

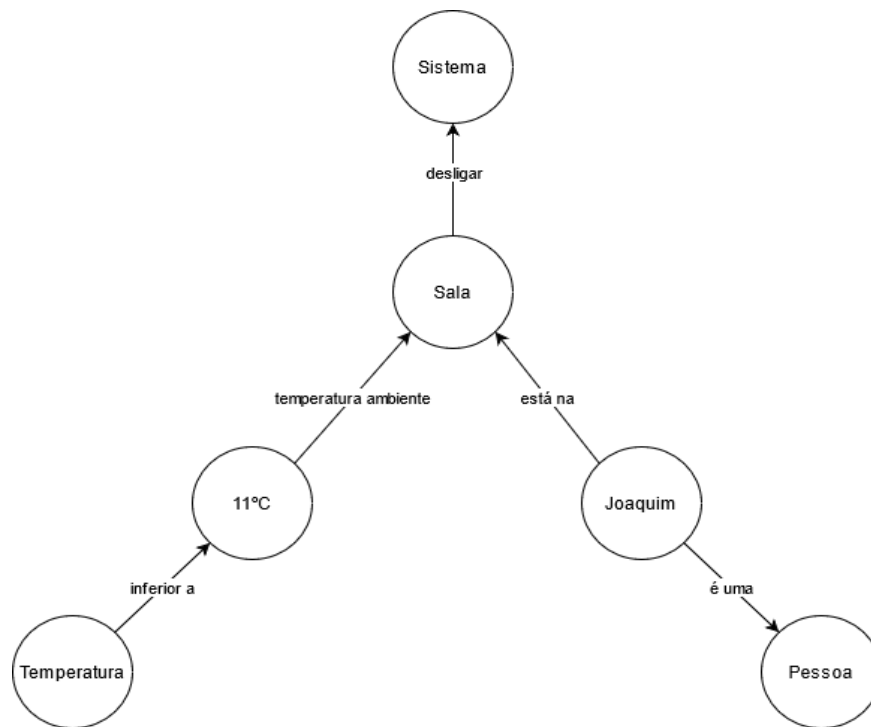


Figura 6 Representação da Rede Semântica da alínea f)

Regras de Produção

- a) Ligar se a pessoa for o José, caso a temperatura ambiente seja maior que 26 graus;

IF pessoa é José **AND** temperatura é maior que 26 **AND** sistema está desligado

THEN ligar sistema

- b) Desligar se a pessoa for o José, caso a temperatura ambiente seja menor que 20 graus;

IF pessoa é José **AND** temperatura é menor que 20 **AND** sistema está ligado

THEN desligar sistema

- c) Ligar se a pessoa for o Manuel, caso a temperatura ambiente seja maior que 21 graus;

IF pessoa é Manuel **AND** temperatura é maior que 21 **AND** sistema está desligado

THEN ligar sistema

- d) Desligar se a pessoa for o Manuel, caso a temperatura ambiente seja menor que 18 graus;

IF pessoa é Manuel **AND** temperatura é menor que 18 **AND** sistema está ligado

THEN desligar sistema

- e) Ligar se a pessoa for o Joaquim, caso a temperatura ambiente seja maior que 17 graus;

IF pessoa é Joaquim **AND** temperatura é maior que 17 **AND** sistema está desligado

THEN ligar sistema

- f) Desligar se a pessoa for o Joaquim, caso a temperatura ambiente seja menor que 11 graus;

IF pessoa é Joaquim **AND** temperatura é menor que 11 **AND** sistema está ligado

THEN desligar sistema

Lógica de Primeira Ordem

De forma a representar o exercício através da lógica de primeira ordem, foram definidos os seguintes predicados:

- Pessoa(X,nome) \Rightarrow X é uma pessoa
- Superior(temperatura, Y) \Rightarrow temperatura superior a Y
- Inferior(temperatura, Y) \Rightarrow a temperatura é inferior a Y

- $\text{Estado}(Z) \Rightarrow$ estado do sistema, verdadeiro caso esteja ligado
- $\text{Ligar}(Z) \Rightarrow$ ligar sistema
- $\text{Desligar}(Z) \Rightarrow$ desligar sistema

É importante notar que optou-se por utilizar duas regras para representação da temperatura, uma para representar a relação de superioridade, $\text{Superior}(\text{temperatura}, Y)$, e outra para a relação de inferioridade, $\text{Inferior}(\text{temperatura}, Y)$ sendo que negação de uma das regras não corresponde à outra. Tomando a alínea b) como exemplo em que se a pessoa for o José e a temperatura ambiente for inferior a 20: se a temperatura ambiente correspondesse exatamente a 20°C e se fosse utilizada a negação da expressão $\text{Superior}(\text{temperatura}, 20)$, esta expressão tomaria o valor verdadeiro porque a temperatura ambiente não é superior a 20°C. No entanto, também não é inferior a 20°C, ou seja, pelo que está definido na regra, o sistema não poderia ligar.

O contexto do desafio segue a seguinte lógica de primeira ordem geral com pequenas variações nos predicados e negações consoante o desafio:

$$\exists(X,Y) \forall(Z) \text{Pessoa}(X,\text{nome}) \wedge \text{Superior}(\text{temperatura}, Y) \wedge \text{Estado}(Z) \Rightarrow \text{Ligar}(Z)$$

Analisando a lógica geral, é possível verificar que na resolução do problema, foram considerados todos os sistemas de ar condicionado e não a existência de pelo menos um.

- a) Ligar se a pessoa for o José, caso a temperatura ambiente seja maior que 26 graus;

$$\exists(X) \forall(Z) \text{Pessoa}(x,\text{José}) \wedge \text{Superior}(\text{temperatura}, 26) \wedge \neg \text{Estado}(Z) \Rightarrow \text{Ligar}(Z)$$

- b) Desligar se a pessoa for o José, caso a temperatura ambiente seja menor que 20 graus;

$$\exists(X) \forall(Z) \text{Pessoa}(x,\text{José}) \wedge \text{Inferior}(\text{temperatura}, 20) \wedge \text{Estado}(Z) \Rightarrow \text{Desligar}(z)$$

- c) Ligar se a pessoa for o Manuel, caso a temperatura ambiente seja maior que 21 graus;

$$\exists(X) \forall(Z) \text{Pessoa}(x,\text{Manuel}) \wedge \text{Superior}(\text{temperatura}, 21) \wedge \neg \text{Estado}(Z) \Rightarrow \text{Ligar}(Z)$$

- d) Desligar se a pessoa for o Manuel, caso a temperatura ambiente seja menor que 18 graus;

$$\exists(X) \forall(Z) \text{ Pessoa}(x, \text{Manuel}) \wedge \text{Inferior}(\text{temperatura}, 18) \wedge \text{Estado}(Z) \Rightarrow \text{Desligar}(z)$$

- e) Ligar se a pessoa for o Joaquim, caso a temperatura ambiente seja maior que 17 graus;

$$\exists(X) \forall(Z) \text{ Pessoa}(x, \text{Joaquim}) \wedge \text{Superior}(\text{temperatura}, 17) \wedge \neg \text{Estado}(Z) \Rightarrow \text{Ligar}(Z)$$

- f) Desligar se a pessoa for o Joaquim, caso a temperatura ambiente seja menor que 11 graus;

$$\exists(X) \forall(Z) \text{ Pessoa}(x, \text{Joaquim}) \wedge \text{Inferior}(\text{temperatura}, 11) \wedge \text{Estado}(Z) \Rightarrow \text{Desligar}(Z)$$

Exercício 2

As melhores formas de representação do conhecimento são as regras de produção e a lógica de primeira ordem devido à baixa complexidade do problema proposto e a falta de necessidade da criação de um sistema hierárquico. Para problemas com uma base de conhecimento mais complexa estas representações poderiam tornar-se mais difíceis de realizar.

Neste caso, a representação usando uma rede semântica torna a leitura do problema mais complicada e obriga a uma compreensão hierárquica desnecessária do problema e por isso, não achamos que seja a melhor maneira de representar o conhecimento.

Exercício 3

Para implementar a base de conhecimento utilizando a ferramenta Drools, primeiro foi criado uma classe *Pessoa* para representar as pessoas incluídas nas regras. Esta classe apenas possui um atributo, *nome*.

De seguida, foi criada outra classe para representar a sala, *Sala*, que terá dois atributos: *temperatura*, um inteiro que define a temperatura ambiente da sala e *ligado*, um boolean que toma o valor de verdadeiro se o sistema de ar condicionado estiver ligado e falso caso contrário.

As regras podem ver vistas como disjunções, ou seja, para ligar o sistema de ar condicionado basta que se verifique uma das três condições implementadas que ditem a ligação do mesmo e a mesma lógica se aplica quando se quer desligar o sistema. Desse modo, foram apenas criadas duas regras usando a ferramenta Drools, que podem ser observadas na figura 7.

```
rule "Ligar sistema"
when
(
($p: Pessoa(nome == "José") && $s: Sala(temperatura > 26, ligado == false)) ||
($p: Pessoa(nome == "Manuel") && $s: Sala(temperatura > 21, ligado == false)) ||
($p: Pessoa(nome == "Joaquim") && $s: Sala(temperatura > 17, ligado == false))
);
then
$s.setLigado(true);
$s.setTemperatura($s.getTemperatura() - 1);
update($s);

System.out.println(String.format(" --> Sistema ligou devido a %s", $p.getNome()));
System.out.println(String.format(" --> Temperatura alterou para %d\n\n", $s.getTemperatura()));
end

rule "Desligar sistema"
when
(
($p: Pessoa(nome == "José") && $s: Sala(temperatura < 20, ligado == true)) ||
($p: Pessoa(nome == "Manuel") && $s: Sala(temperatura < 18, ligado == true)) ||
($p: Pessoa(nome == "Joaquim") && $s: Sala(temperatura < 11, ligado == true))
);
then
$s.setLigado(false);
$s.setTemperatura($s.getTemperatura() + 1);
update($s);

System.out.println(String.format(" --> Sistema desligou devido a %s", $p.getNome()));
System.out.println(String.format(" --> Temperatura alterou para %d\n\n", $s.getTemperatura()));
end
```

Figura 7 Código descritivo das regras implementadas

Para cada regra, verifica-se primeiro se acontece pelo menos uma das três condições e, caso aconteça, as ações são realizadas. No caso da regra “Ligar sistema”, “liga-se” o sistema alterando para *True* o valor da variável booleana e atualiza-se o valor da temperatura da sala (para simular algo que aconteceria na vida real). Por fim, informa a pessoa que foi responsável por ligar o sistema e a nova temperatura ambiente.

O comportamento da regra “Desligar sistema” é semelhante: faz-se a atualização do estado para *False* e da temperatura que é incrementada por uma unidade, por fim, informa a pessoa que foi responsável por desligar o sistema e a nova temperatura da sala.

Na classe principal, começa-se por criar as instâncias necessárias para cada classe: três instâncias da classe Pessoa, uma para cada pessoa, uma instância da classe Sala e informa-se como se encontra a sala no momento atual, ou seja, em que estado se encontra o sistema de AC e a temperatura ambiente. De seguida inserem-se na base de conhecimento, como se pode verificar na figura 8.

```
public class DroolsTest {  
    public static final void main(String[] args) {  
        try {  
            // load up the knowledge base  
            KieServices ks = KieServices.Factory.get();  
            KieContainer kContainer = ks.getKieClasspathContainer();  
            KieSession kSession = kContainer.newKieSession("ksession-rules");  
  
            System.out.println("\n\n");  
  
            Pessoa jose = new Pessoa("José");  
            Pessoa manuel = new Pessoa("Manuel");  
            Pessoa joaquim = new Pessoa("Joaquim");  
  
            boolean estadoInicial = false;  
            Sala sala = new Sala(30, estadoInicial);  
  
            System.out.println(String.format(" -> Sistema está %s", estadoInicial ? "ligado" : "desligado"));  
            System.out.println(String.format(" -> Temperatura ambiente: %d\n", sala.getTemperatura()));  
  
            kSession.insert(manuel);  
            kSession.insert(jose);  
            kSession.insert(joaquim);  
            kSession.insert(sala);  
            kSession.fireAllRules();  
        } catch (Throwable t) {  
            t.printStackTrace();  
        }  
    }  
}
```

Figura 8 Classe Main

A variável *estadoInicial* representa o estado inicial do sistema de AC. Neste exemplo podemos verificar que a temperatura está a 30°C e que o sistema está desligado pelo que o sistema deverá ligar se uma das três pessoas se encontrar na sala.

```
-> Sistema está desligado
-> Temperatura ambiente: 30

--> Sistema ligou devido a José
--> Temperatura alterou para 29
```

Figura 9 Resultado 1 alínea a)

Como podemos verificar pela figura 9, o sistema de facto ligou-se. No entanto, somos informados que o sistema ligou porque o José estava na sala, isto apenas se deve ao facto de a condição relacionada com o José ser a primeira na disjunção. Se inserimos primeiro a condição relacionada com o Manuel, o output será ligeiramente diferente, como podemos verificar nas imagens que se seguem.

```
rule "Ligar sistema"
when
(
($p: Pessoa(nome == "José") && $s: Sala(temperatura > 26, ligado == false)) ||
($p: Pessoa(nome == "Manuel") && $s: Sala(temperatura > 21, ligado == false)) ||
($p: Pessoa(nome == "Joaquim") && $s: Sala(temperatura > 17, ligado == false))
);
then
$s.setLigado(true);
$s.setTemperatura($s.getTemperatura() - 1);
update($s);

System.out.println(String.format("--> Sistema ligou devido a %s", $p.getNome()));
System.out.println(String.format("--> Temperatura alterou para %d\n\n", $s.getTemperatura()));
end
```

Figura 10 Código descritivo da regra implementada relativo à ligação do sistema

```
-> Sistema está desligado
-> Temperatura ambiente: 30

--> Sistema ligou devido a Manuel
--> Temperatura alterou para 29
```

Figura 11 Resultado 2 alínea c)

Mantendo a mesma ordem, o resultado obtido pode ser o mesmo se se alterar a temperatura. Por exemplo, para uma temperatura de 22°C, o responsável por ligar o sistema de AC é o Manuel.

```
-> Sistema está desligado  
-> Temperatura ambiente: 22  
  
--> Sistema ligou devido a Manuel  
--> Temperatura alterou para 21
```

Figura 12 Resultado 3 alínea c)

De salientar também que, se o sistema de AC estiver inicialmente ligado, ou seja, se a variável *estadoInicial* tomar o valor *True*, então não se ligará, como podemos verificar na figura 13, cumprindo assim com a verificação do estado do sistema.

```
-> Sistema está ligado  
-> Temperatura ambiente: 30
```

Figura 13 Resultado 4

No caso em que a temperatura ambiente se encontra a 8°C e se o sistema de AC estiver ligado, então basta a presença de uma das pessoas para desligá-lo.

```
-> Sistema está ligado  
-> Temperatura ambiente: 8  
  
--> Sistema desligou devido a José  
--> Temperatura alterou para 9
```

Figura 14 Resultado 5 alínea b)

Pelo mesmo motivo, quando estavam 30°C o responsável por ligar o sistema de AC tinha sido o sujeito culpado por ligá-lo, o mesmo se verifica nesta situação. Se a ordem das condições na disjunção da regra “Desligar sistema” for alterada, o resultado obtido é diferente.

De forma semelhante ao que se verificou acima, se o sistema já se encontrar desligado, então as condições não se verificam e por isso o sistema não é desligado novamente.

Existem algumas temperaturas ambiente que causam conflito entre as várias pessoas: se a temperatura inicial for 19°C e se o sistema estiver desligado, então ligará devido ao Joaquim, fazendo com que a temperatura desça para os 18°C e, como o sistema está ligado, vai-se desligar devido à presença do José, aumentando a temperatura para 19°C, e assim sucessivamente. A figura abaixo mostra o output obtido nesta situação.

```
-> Sistema está desligado
-> Temperatura ambiente: 19

--> Sistema ligou devido a Joaquim
--> Temperatura alterou para 18

--> Sistema desligou devido a José
--> Temperatura alterou para 19

--> Sistema ligou devido a Joaquim
--> Temperatura alterou para 18

--> Sistema desligou devido a José
--> Temperatura alterou para 19
```

Figura 15 Resultado 6

GitHub

Todo o código fonte do exercício 3 pode ser encontrado no [repositório](https://github.com/pedrodlmatos/trabalhos-si)¹ no Github.

Conclusão

Com este desafio foi possível aprofundar melhor o conhecimento sobre representação de informação em Rede Semântica, Regras de Produção e Lógica de Primeira Ordem, verificando possíveis prós e contras das mesmas.

¹ URL: <https://github.com/pedrodlmatos/trabalhos-si>