



1. **[5 valores]** Um sistema informático é distribuído quando concebido para que dois ou mais elementos sejam executados em computadores diferentes interligados por uma rede de comunicação (que no quadro atual se pode considerar como normalizada numa ligação IP). A interligação apela a aspetos de infraestrutura de sistemas distribuídos, enquanto mecanismos partilhados por elementos de diferentes sistemas informáticos.
 - a) Discuta de forma fundamentada um conjunto de pelo menos três aspetos que diferenciem um sistema informático distribuído de um não distribuído (centralizado, em execução num computador). A resposta deverá centrar-se em mecanismos de infraestrutura (quando necessários) que permitam a interação entre elementos de um mesmo sistema informático.
 - b) O conceito de serviço emerge como chave na formalização da interação entre elementos de um sistema informático. Caracterize o conceito de serviço e fundamente a sua formulação num paralelo entre adoção / não adoção de serviços na interação entre elementos de um sistema distribuído (JINI) ou centralizado (OSGi).
2. **[5 valores]** O quadro de especificações abertas OSGi e em particular a especificação *Remote Services* e o quadro JINI, enquanto infraestruturas de serviços distribuídos, permitem a interação entre elementos distribuídos. Suportam a interação e facilitam o desenvolvimento da lógica computacional dos elementos na resposta aos requisitos funcionais dos sistemas informáticos em questão.
 - a) Estabeleça um paralelo entre o quadro de serviços OSGi *Remote Services* e JINI. Justifique a argumentação com aspetos de código, modelos ou esquema gráfico, quando considerar necessário para tornar a explicação mais clara e precisa.
 - b) O serviço JINI *JavaSpaces* implementa o mecanismo (linguagem) de coordenação *Linda* baseado num espaço de tuplos partilhado por um conjunto de clientes (que podem ser ou não serviços JINI). Caracterize o serviço e dê como exemplo a implementação de um mecanismo de *Lock* na coordenação entre elementos de um sistema informático distribuído (e.g., coordenação da concorrência no acesso a contas bancárias).
3. **[5 valores]** Um aspeto chave no desenvolvimento de sistemas distribuídos reside na coordenação de transações, enquanto conjunto de operações sobre elementos distribuídos em que é requerida uma execução atómica (todas as operações ou nenhuma) e consistência de dados (estado) no garante das propriedades ACID.
 - a) Discuta de forma fundamentada um exemplo em que um elemento cliente execute de forma atómica um conjunto de operações em mais do que um serviço (elementos distribuídos). Fundamente sobre o quadro de especificações X/OPEN indicando o papel de cada elemento e os protocolos usados em cada uma das interações. Considere a utilização do serviço JINI *mahalo (Transaction Manager)* na formulação da sua resposta.
 - b) Estabeleça de forma clara quando tem um serviço JINI que implementar a interface *TransactionParticipant*. Justifique a resposta com algum diagrama gráfico ou esquema clarificador.
4. **[5 valores]** Um aspeto chave no desenvolvimento de sistemas distribuídos prende-se com a sua confiabilidade (*Reliability*) enquanto requisito não funcional numa medida sobre a qualidade de um sistema informático. Um dos aspetos para garantir um determinado grau de confiabilidade reside na garantia de tolerância a falhas.
 - a) Descreva como pode usar o sistema *Zookeeper* como infraestrutura para que o funcionamento de um sistema informático distribuído que pretenda desenvolver não dependa da falha de um computador apenas. Apresente um exemplo simples demonstrador dos conceitos implementados pela infraestrutura *Zookeeper*.
 - b) O sistema de mensagens *Kafka* na implementação do mecanismo *Publish/Subscribe* é um exemplo de utilização do sistema *Zookeeper* para o desenvolvimento de um broker de mensagens tolerante a falhas. Descreva o mecanismo de interação e o valor da adoção da infraestrutura *Kafka* na interação entre elementos de um sistema distribuído. Um diagrama gráfico poderá ajudar na clarificação dos conceitos a descrever.

Nota: As respostas devem ser devidamente fundamentadas com os formalismos mais apropriados.