



STABLE MATCHING FOR CDM BY TRADING CYCLE ALGORITHM

Márcio Augusto da Silva Souza

OBJETIVO

Este trabalho propõe a expansão da filosofia da tomada de decisão colaborativa (CDM) e a criação de um modelo para o Programa de Espera em Solo, sendo este modelo, baseado na Teoria de Jogos, em especial na Teoria de Matching para mercados de dois lados. Este mecanismo, permite incluir preferências de outro agentes além dos agentes ATC e das companhias aéreas.



OBJETIVO

Com o novo processo será capaz de realizar o tratamento de preferências estratégicas envolvendo não só companhias aéreas, mas também o gestor de aeroportos e as autoridades de gerenciamento de fluxos do país, e assim melhorar a satisfação dos agentes envolvidos.



TEORIA DOS JOGOS

A *teoria dos jogos* é uma teoria matemática criada para se modelar fenômenos que podem ser observados quando dois ou mais “agentes de decisão” interagem entre si. Ela fornece a linguagem para a descrição de processos de decisão conscientes e objetivos envolvendo mais do que um indivíduo.



TEORIA DOS JOGOS

A teoria dos jogos pode ser definida como a teoria dos modelos matemáticos que estuda a escolha de decisões ótimas sob condições de conflito.

O elemento básico em um jogo é o conjunto de *jogadores* que dele participam. Cada jogador tem um conjunto de *estratégias*. Quando cada jogador escolhe sua estratégia, temos então uma *situação* ou *perfil* no espaço de todas as situações (perfis) possíveis.



TEORIA DOS JOGOS

Nas últimas décadas a Teoria dos Jogos tem sido utilizada como teoria matemática para modelagem e análise de estratégias entre múltiplos jogadores.

Em economia, a Teoria dos Jogos tem sido utilizada para estudar as relações entre oferta e demanda de recursos nas sociedades. Entretanto, alguns teóricos a utilizam em estudos dos diferentes mercados onde existe essa oferta de recursos.



TEORIA DE MATCHING

Um dos ramos da Teoria de Jogos é a Teoria de Matching que possui o objetivo de definir, analisar e propor soluções para problemas de alocação de recursos em mercados específicos. Informalmente, um matching é um pareamento entre os jogadores que não viola as regras do mercado.



TEORIA DE MATCHING

A Teoria do Mercado de Dois Lados (Mercados Interdependentes - Two-Sided Markets) define um mercado no qual várias plataformas habilitam a interação entre clientes e usuários finais, ao tentar criar valor entre os dois lados e servindo de plataforma para esse relacionamento.



TEORIA DE MATCHING

A *Teoria de Matching* associa o termo “sistema” a um mercado caracterizado por recursos disponíveis que são negociados por jogadores específicos.

Neste mercado, as preferências de cada jogador em relação aos recursos disponíveis são as estratégias que serão avaliadas pelo mecanismo de alocação.



TEORIA DE MATCHING

Exemplos de mercados:

- mercado de trabalho onde empresas ofertam vagas de emprego a trabalhadores;
- mercado de vagas acadêmicas que envolvem estudantes e universidades;
- mercado de pacientes que necessitam de transplante de órgãos;
- mercados de leilões, que podem ser vistos como casos especiais envolvendo um único vendedor.



TEORIA DE MATCHING

As preferências são formalizadas através de listas onde cada jogador informa suas prioridades sobre os recursos desejados, por ordem de importância.

Por exemplo, em um mercado teórico de namoros, composto por um conjunto de homens e outro de mulheres, o jogador João pode preferir namorar, com Maria em primeiro lugar, com Aline em segundo lugar, e com Angélica em terceiro.

Logo, sua lista de preferências é formada por “Maria, Aline, Angélica”.



TEORIA DE MATCHING

Um mecanismo de *matching* deve encontrar um resultado satisfatório alocando os jogadores entre si, levando em conta as preferências de cada um.

Um *matching*, neste contexto, representa o resultado final contendo a alocação ou troca de recursos entre todos os jogadores presentes nestes mercados.



TEORIA DE MATCHING

Os principais conceitos relacionados à teoria de mercados de *matching* se baseiam na ideia chave de que os agentes em um mercado são racionais, definindo suas preferências de acordo com seus interesses e agindo corretamente para atingir esses objetivos.

Caso nenhum agente encontre uma forma de conseguir um resultado melhor do que o resultado proposto pelo processo de *matching*, dizemos que o resultado é estável.

A noção de estabilidade é um conceito central na Teoria dos Jogos cooperativos.



TEORIA DE MATCHING

Existem dois conjuntos disjuntos e finitos de agentes, um denominado por S , com n agentes, outro denominado M com k agentes.

Cada $s_i, i = 1, \dots, n$ tem preferencia de ordenação linear estrita, completa e transitiva sobre o conjunto M .



TEORIA DE MATCHING

Esta preferência, portanto, pode ser representada por uma lista ordenada sobre o conjunto $M \cup \{s_i\}$; denota-se a lista de preferência de s_i por $P(s_i)$. Assim, por exemplo, $P(s_i) = m_1, m_2, m_3, m_4, s_i, m_5$. A notação $m_1 \succ_{P(s_i)} m_2$ indica que s_i prefere estritamente m_1 a m_2 . E $s_i \succ_{P(s_i)} m_5$ indica que s_i prefere não ser alocado à ser alocado a m_5 .



TEORIA DE MATCHING

Denotamos $P_S = \{P(s_1), \dots, P(s_n)\}$ e $P_M = \{P(m_1), \dots, P(m_k)\}$.
Portanto $P = \{P_S, P_M\}$, representa as listas de preferências de todos os agentes desse mercado.



TEORIA DE MATCHING

Tem-se ainda que cada agente do conjunto S pode ser designado a no máximo um agente do conjunto M . Cada m_j pode admitir até $q(m_j)$. Isto é $q(m_j)$ representa o número de vagas de m_j . Denotaremos por q o conjunto $\{q(m_1), q(m_2), \dots, q(m_k)\}$.



TEORIA DE MATCHING

O mercado pode ser denotado simplesmente por $H = (S, M, P, q)$ e a função de H é encontrar a melhor forma de fazer parcerias entre os agentes. A um conjunto de tais parcerias chamamos *matching*.


Formalmente, um problema de matching é uma quintupla

$$H = (S, M, P_S, P_M, q)$$



MERCADO DE SLOTS

O problema de mercado de Slots consiste nos seguintes elementos:

- Um conjunto finito de voos $F = (f_1, f_2, \dots, f_n)$;
 - Um conjunto finito de slots $S = (s_1, s_2, \dots, s_m)$;
 - Um vetor de capacidades $q = (q_{s_1}, q_{s_2}, \dots, q_{s_m})$, onde q_s é um número inteiro positivo indicando o número máximo de voos podem ser alocados;
- 

MERCADO DE SLOTS

- Uma lista de preferências $P_F = (P_{f_1}, P_{f_2}, \dots, P_{f_n})$, onde P_f é a relação de referências do voo f em relação aos slots; incluindo a opção de não alocar $S \cup \{\emptyset\}$;
- Uma lista de preferências dos slots em relação aos voos (individualmente) $P_S = (P_{s_1}, P_{s_2}, \dots, P_{s_n})$ onde P_s é a relação de preferências do slot s em relação aos voos incluindo a opção de manter a vaga desocupada $F \cup \{\emptyset\}$;



MERCADO DE SLOTS

- Uma restrição para os horários de voos e_f (The Earliest Possible Arrival Time -EPAT) , onde $e_f \leq s_i$, ou seja, nenhum voo pode ser alocado a um slot que tenha horário menor que o horário original do voo.



MERCADO DE SLOTS

Assim teremos $\mu = (F, S, P_f, P_s, q, e_f)$, que poderá ser reescrito como:

$$\mu = (F, S, \succ F, \succ S, q, e_f)$$

Definido o problema, desejamos sob algum critério alocar os voos nas vagas disponíveis dos slots. Essa alocação é referida como um *matching*.



MERCADO DE SLOTS

Uma companhia aérea tem o direito de trocar seus próprios voos dentro do seu próprio conjunto de slot. Isto atenua parcialmente a necessidade de uma companhia aérea manipular qualquer tipo de algoritmo para alcançar tal troca, como eles estão autorizados a fazê-lo diretamente.



MERCADO DE SLOTS

Dado o domínio de preferencias, dizemos que um algoritmo é manipulável, se, por declaração incorretas ou falta dela, a companhia aérea obter um horário de pouso preferido estritamente à um obtido por meio de relatórios verdadeiros.



CDM

O programa de espera em solo (GDP) é um processo realizado em três fases, sendo duas executadas por algoritmos com funções distintas. O modelo clássico de realocação de SLOTS e ainda em uso pelos órgãos de controle de tráfego aéreo (ATC) é baseado no paradigma da tomada de decisão colaborativa (CDM), onde as companhias aéreas devem fornecer informações fidedignas e de forma tempestiva aos órgãos de controle de tráfego (ATC), para um melhor resultado do processo.



CDM

Após a definição de um novo valor para a capacidade de utilização de pista de um aeroporto durante um tempo pré-definido, a quantidade de aeronaves que irão operar naquele local também é reduzida. Logo, a primeira fase do GDP clássico trata da redistribuição dos SLOTS para a nova quantidade de aeronaves que podem ser operadas por hora no aeroporto.



CDM

Esta situação pode causar problemas como cancelamentos dos voos. É importante notar que atrasos de voo são normalmente causados por processos mecânicos e outros problemas operacionais.



CDM

Cancelamentos de voos, por outro lado, são originados por ajustes internos das companhias aéreas em seus voos, que visam mitigar os efeitos adversos de um GDP em suas operações.



CDM

Portanto, após a definição de uma nova lista de alocações, foi criada a oportunidade das companhias aéreas analisarem o resultado informado pelo algoritmo e tomarem decisões visando mitigar os efeitos adversos de um GDP em suas operações, através de uma nova fase.



CDM

Após os procedimentos de cancelamentos, substituições e atrasos, alguns SLOTS do novo cronograma ficarão sem utilização. Assim a proposta é que a partir deste novo problema, criar um algoritmo que preencha os SLOTS vazios, segundo regras pré-acordadas entre os agentes envolvidos.



TOP TRADING CYCLES - TTC

O mecanismo TTC foi criado por David Gale e modelado por Shapley & Scarf (1974) no artigo “On cores and Indivisibility”. Hylland e Zeckhauser (1979) também contribuíram para o problema de forma generalizada.

O TTC é mecanismos de trocas puras (de permutas ou escambo), em que um agente para conseguir um bem que não possui precisa requerer que outro agente esteja com vontade de se desfazer do bem de interesse.



TOP TRADING CYCLES - TTC

O mecanismo TTC é um mecanismo direto e para quaisquer prioridades e preferências relatados ele encontra um matching.



TOP TRADING CYCLES - TTC

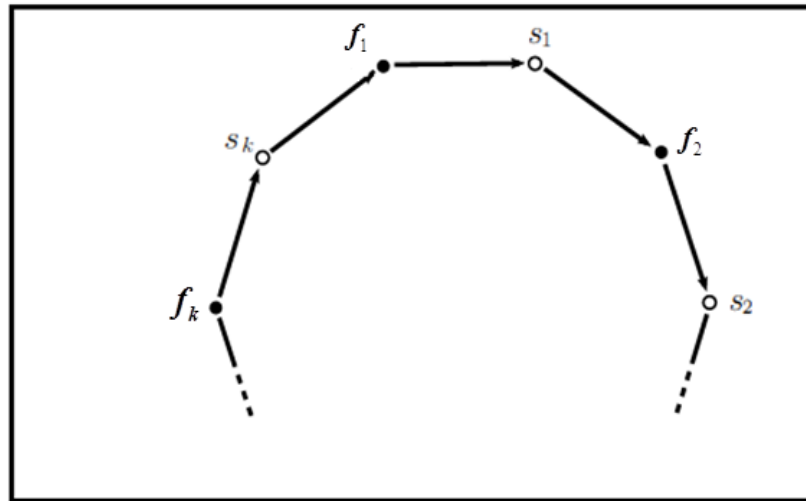
O TTC possui algumas similaridades e diferenças com o Deferred-Acceptance. Em comum, há o ponto de que é necessário obter uma relação racional, completa e estrita das preferências dos voos para os slots e dos slots sobre os voos. Outro ponto em comum é que os voos “propõem” primeiro ao slot preferido.

Um ponto diferente do algoritmo DA, é que no TTC a forma de alocação é distinta.



TOP TRADING CYCLES - TTC

Definição - Um ciclo é uma lista ordenada de dois conjuntos disjuntos e finitos de agentes da forma $(s_1, f_1, s_2, \dots, s_k, f_k)$, onde f_1 prefere s_1 , s_1 prefere f_2 , \dots , f_k prefere s_k e s_k prefere f_1 . Além disso, cada agente pode ser parte de, no máximo, um ciclo.



TOP TRADING CYCLES - TTC

O algoritmo Top Trading Cycles (TTC)

- Cada slot possui preferências em relação aos voos.
- Cada voo submete um anúncio de preferências em relação aos slots.
- Os voos são alocados baseado em suas preferências anunciadas e nas preferências dos slots.



TOP TRADING CYCLES - TTC

- **Primeira rodada**
- Etapa 1: Admite-se que cada voo deseja algum slot e vice-versa. Designe um contador para cada slot (informando a quantidade de vagas disponíveis no slot). Seu valor inicial é a capacidade do slot.
- Etapa 2: Cada voo “aponta” para seu slot favorito e cada slot “aponta” para seu voo favorito. Existe pelo menos um ciclo. Cada voo em um ciclo é designado a uma vaga no slot “apontado” e removido do processo. O contador de cada slot em um ciclo é reduzido em um, e se este se torna zero (isto é, se o slot teve todas as suas vagas ocupadas), o slot também é removido do processo. Contadores dos demais slots mantêm-se inalterados.



TOP TRADING CYCLES - TTC

- **k-ésima rodada**
- Etapa 1: Voos/slots que não desejam qualquer dos slots/voos remanescentes são sistematicamente removidos do processo, recebendo sua opção exterior/mantendo as vagas restantes desocupadas, até que cada voo que deseje algum dos slots restantes e vice-versa.
- Etapa 2: Cada voo remanescente “aponta” para seu slot favorito dentre os slots remanescentes e cada slot remanescente “aponta” para seu favorito dentre os voos remanescentes. Existe pelo menos um ciclo. Cada voo em um ciclo é designado a uma vaga no slot “apontado” e removido do processo. O contador de cada slot em um ciclo é reduzido em um, e se este se torna zero, o slot também é removido do processo. Contadores dos demais slots mantêm-se inalterados.

TOP TRADING CYCLES - TTC

O algoritmo termina quando não há mais voos ou slots remanescentes.

Apontar para o algoritmo de TTC é similar à propor no algoritmo Gale-Shapley. O algoritmo TTC se encerra quando todos os voos é alocado a um slot. Um ciclo é uma lista ordenada que intercala slots e voos.



TOP TRADING CYCLES - TTC

- **Proposição 1** - O mecanismo Top Trading Cycles não é estável.
- **Proposição 2** - O mecanismo Top Trading Cycles é Pareto eficiente.
- **Proposição 3** - O mecanismo Top Trading Cycles é não manipulável.



EXEMPLO TTC

Para o exemplo, é usado os movimentos aéreos de chegada do Aeroporto Internacional Tancredo, na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, sendo escolhido devido a um grande número de utilizações diárias de voos para várias origens nacionais e internacionais, onde sua capacidade é de cerca de 10,2 milhões de passageiros por ano.



EXEMPLO TTC

O objetivo é alocar todos os voos para os slots disponíveis, respeitando o tempo mínimo de chegada e a preferência de todos os agentes. Para resolver este problema ele usa as informações fornecida a partir dos conjuntos de voos, slots, preferências de voo, preferências de slot e proprietário original dos slots.



EXEMPLO TTC

A tabela apresenta os movimentos de voo do Aeroporto Internacional Tancredo Neves (SBCF) entre 22:28 - 23:14.

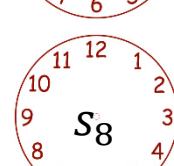
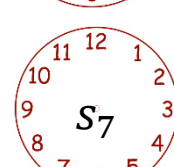
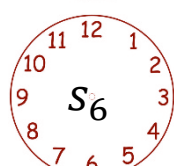
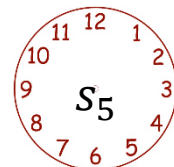
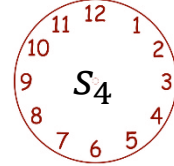
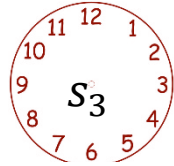
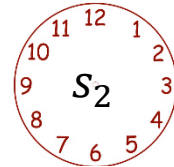
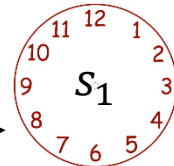
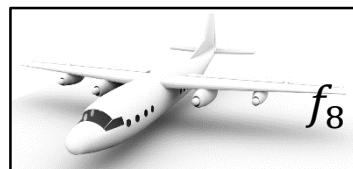
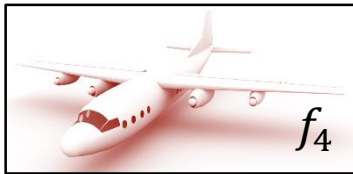
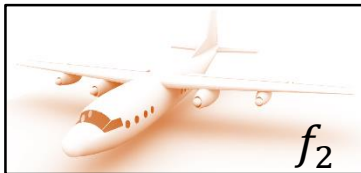
Flight ID	Airline	Flight Number	Origin	Aircraft	Passenger Capacity	Allocated Slot
F1	TAP	TAP-0101	Lisbon	A332	268	10:28 pm
F2	AZUL	AZU-2557	RJ	E190	110	10:32 pm
F3	AZUL	AZU-2418	Guarulhos	E190	110	10:35 pm
F4	AZUL	AZU-4190	Campinas	E190	118	10:46 pm
F5	GOL	GLO-1091	Brasília	B738	183	10:49 pm
F6	GOL	GLO-1670	RJ	B738	183	10:55 pm
F7	GOL	GLO-1320	São Paulo	B738	183	10:58 pm
F8	AZUL	AZU-4952	Curitiba	E190	118	11:14 pm

ALOCAÇÃO

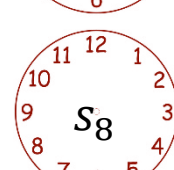
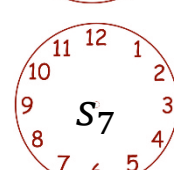
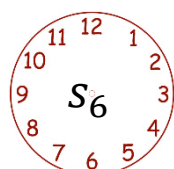
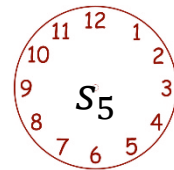
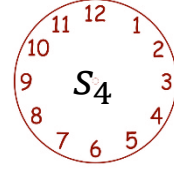
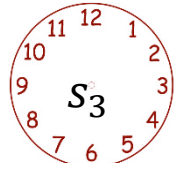
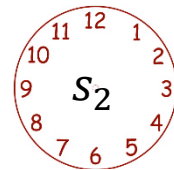
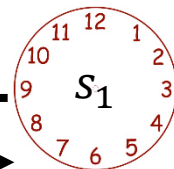
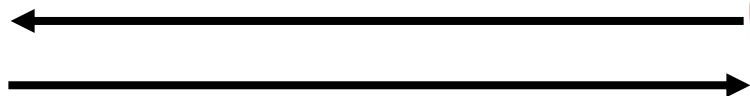
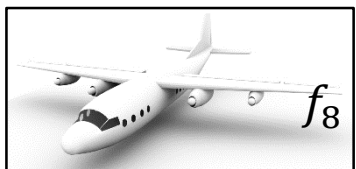
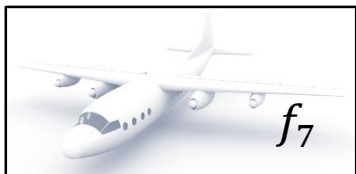
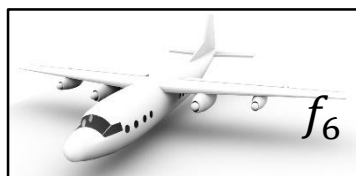
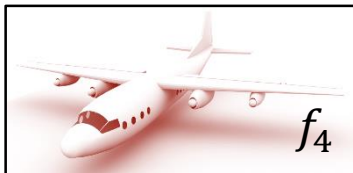
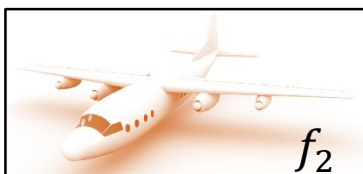
A tabela apresenta os conjuntos de preferencias dos voos e slots, bem como o proprietário do slot, resultado esse obtido de [Junior].

Airline	Airport	Owner
$P(f_1) = s_1 \succ s_2 \succ s_3 \succ s_4 \succ s_5 \succ s_6 \succ s_7 \succ s_8$	$P(s_1) = f_1$	$O(s_1) = \text{TAP}$
$P(f_2) = s_2 \succ s_3 \succ s_4 \succ s_5 \succ s_6 \succ s_7 \succ s_8$	$P(s_2) = f_1 \succ f_3 \succ f_2$	$O(s_2) = \text{AZUL}$
$P(f_3) = s_2 \succ s_3 \succ s_4 \succ s_5 \succ s_6 \succ s_7 \succ s_8$	$P(s_3) = f_1 \succ f_3 \succ f_2$	$O(s_3) = \text{AZUL}$
$P(f_4) = s_4 \succ s_5 \succ s_6 \succ s_7 \succ s_8$	$P(s_4) = f_7 \succ f_1 \succ f_4 \succ f_3 \succ f_2$	$O(s_4) = \text{AZUL}$
$P(f_6) = s_5 \succ s_6 \succ s_7 \succ s_8$	$P(s_5) = f_7 \succ f_6 \succ f_1 \succ f_4 \succ f_3 \succ f_2$	$O(s_5) = \text{GOL}$
$P(f_7) = s_4 \succ s_5 \succ s_6 \succ s_7 \succ s_8$	$P(s_6) = f_7 \succ f_6 \succ f_1 \succ f_8 \succ f_4 \succ f_3 \succ f_2$	$O(s_6) = \text{GOL}$
$P(f_8) = s_6 \succ s_7 \succ s_8$	$P(s_7) = f_7 \succ f_6 \succ f_1 \succ f_8 \succ f_4 \succ f_3 \succ f_2$	$O(s_7) = \text{GOL}$
	$P(s_8) = f_7 \succ f_6 \succ f_1 \succ f_8 \succ f_4 \succ f_3 \succ f_2$	$O(s_8) = \text{AZUL}$

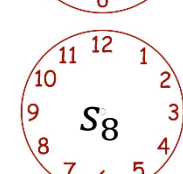
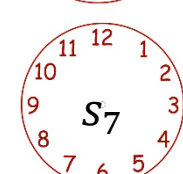
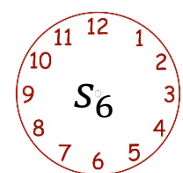
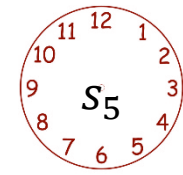
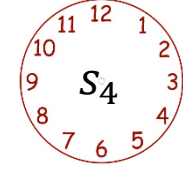
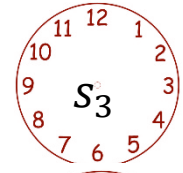
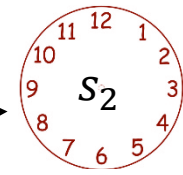
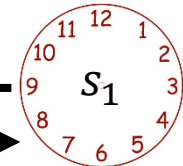
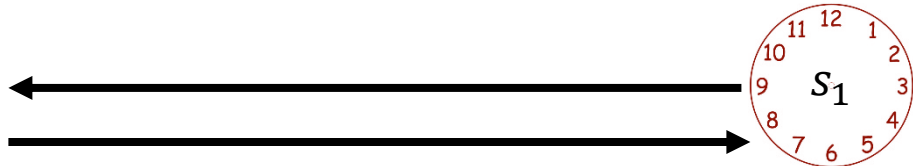
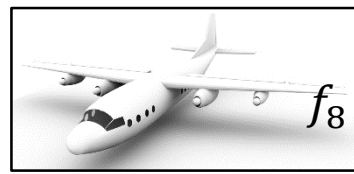
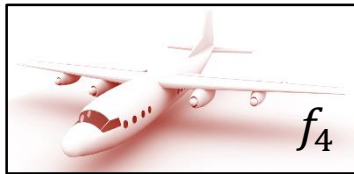
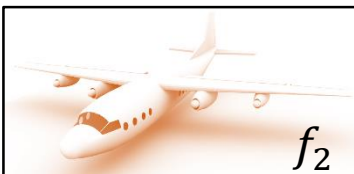
PASSO 1



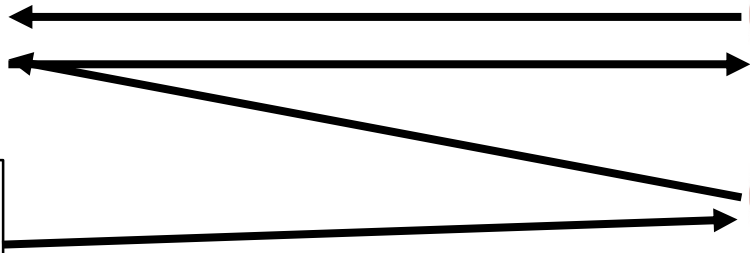
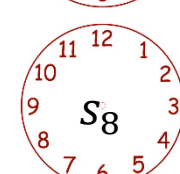
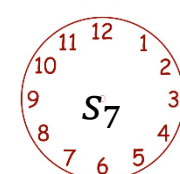
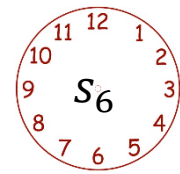
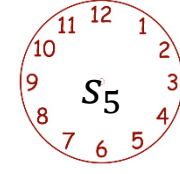
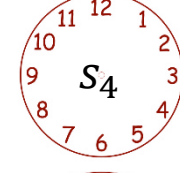
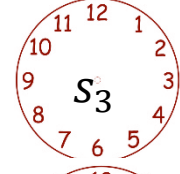
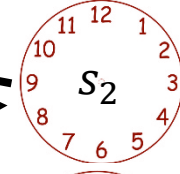
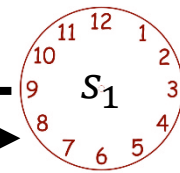
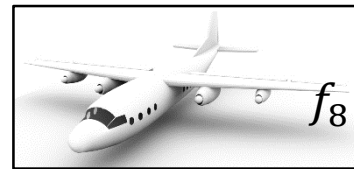
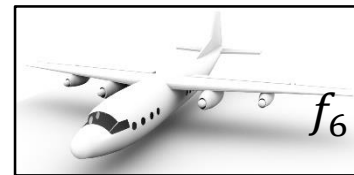
PASSO 1



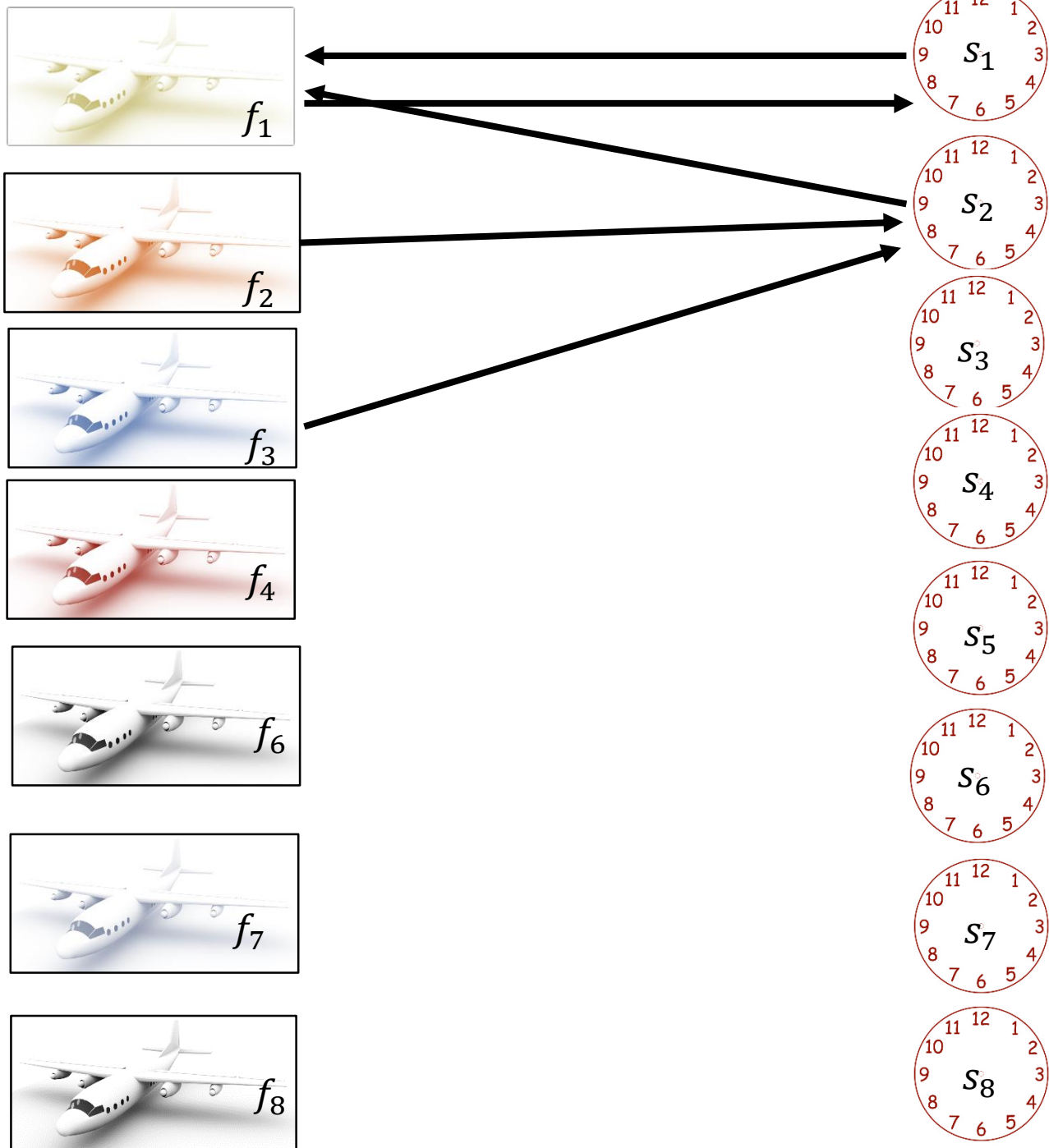
PASSO 1



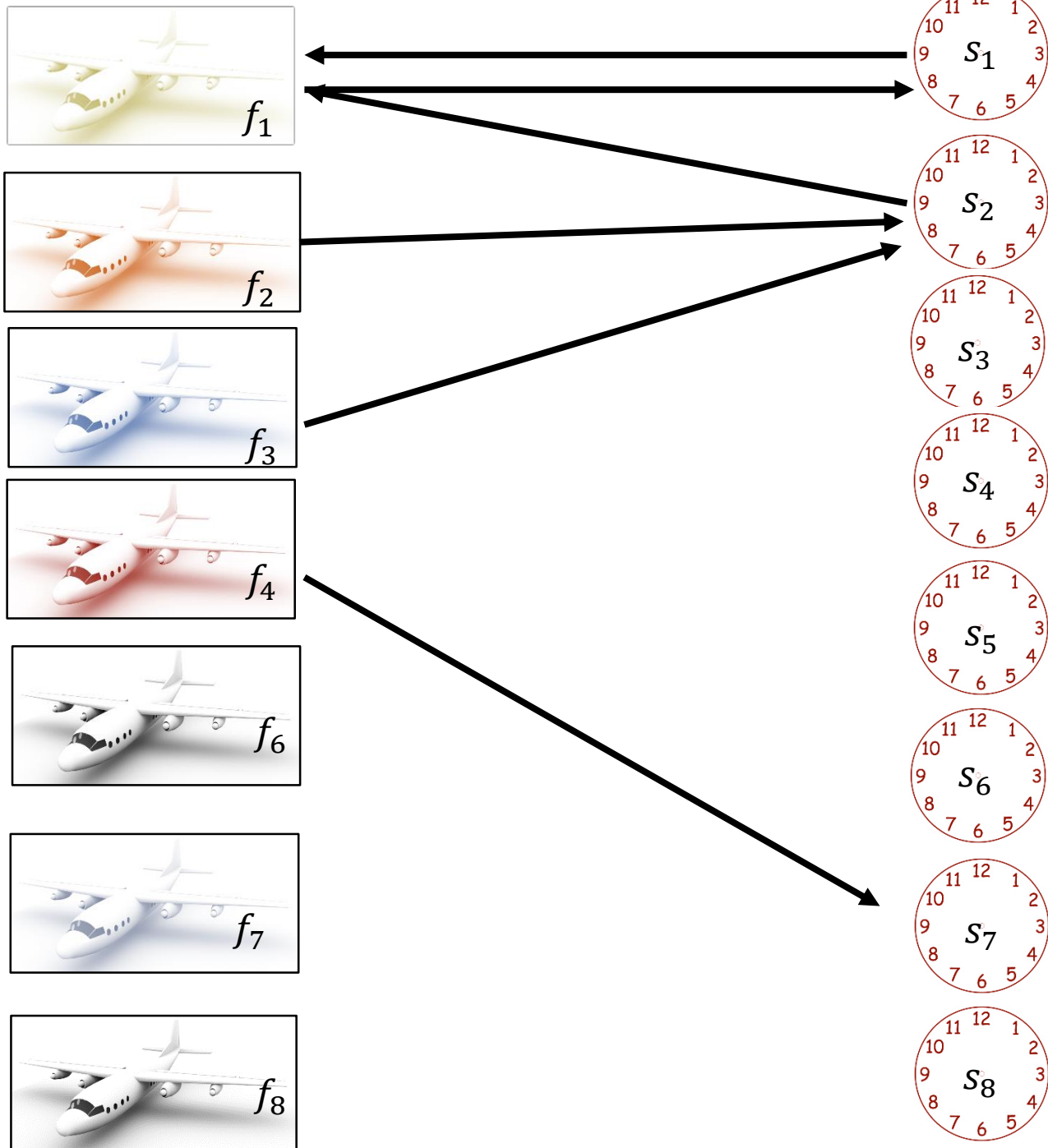
PASSO 1



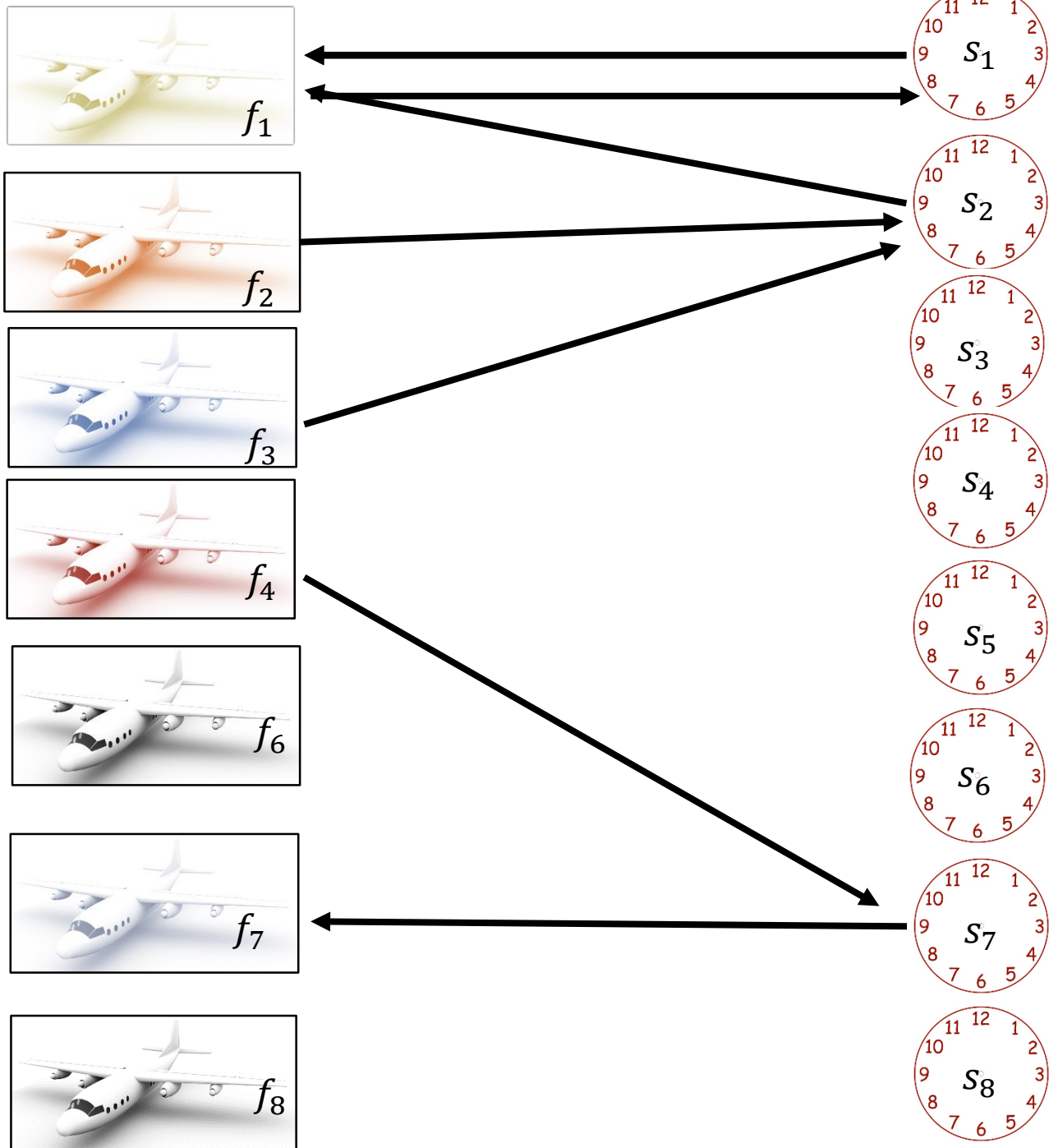
PASSO 1



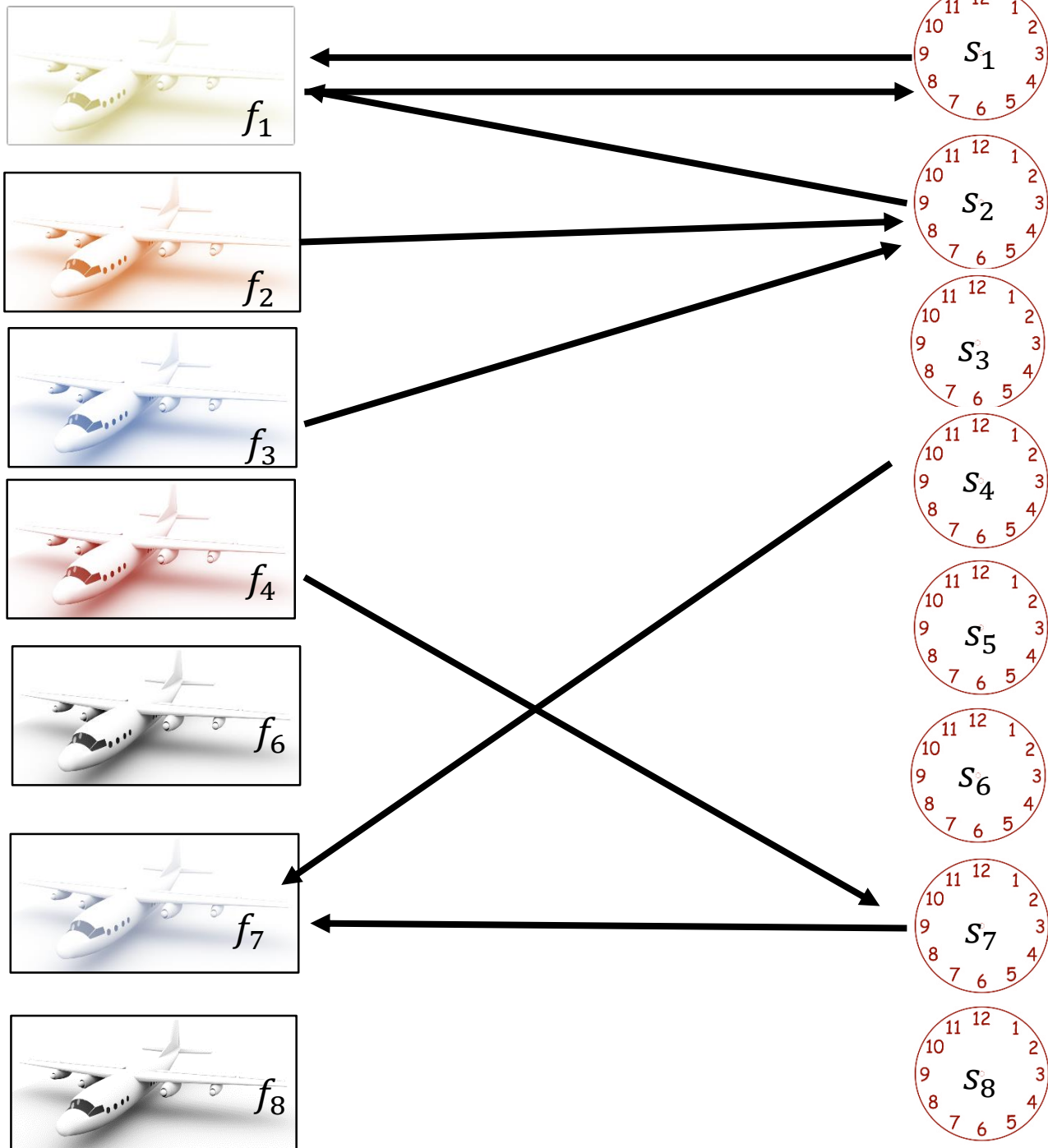
PASSO 1



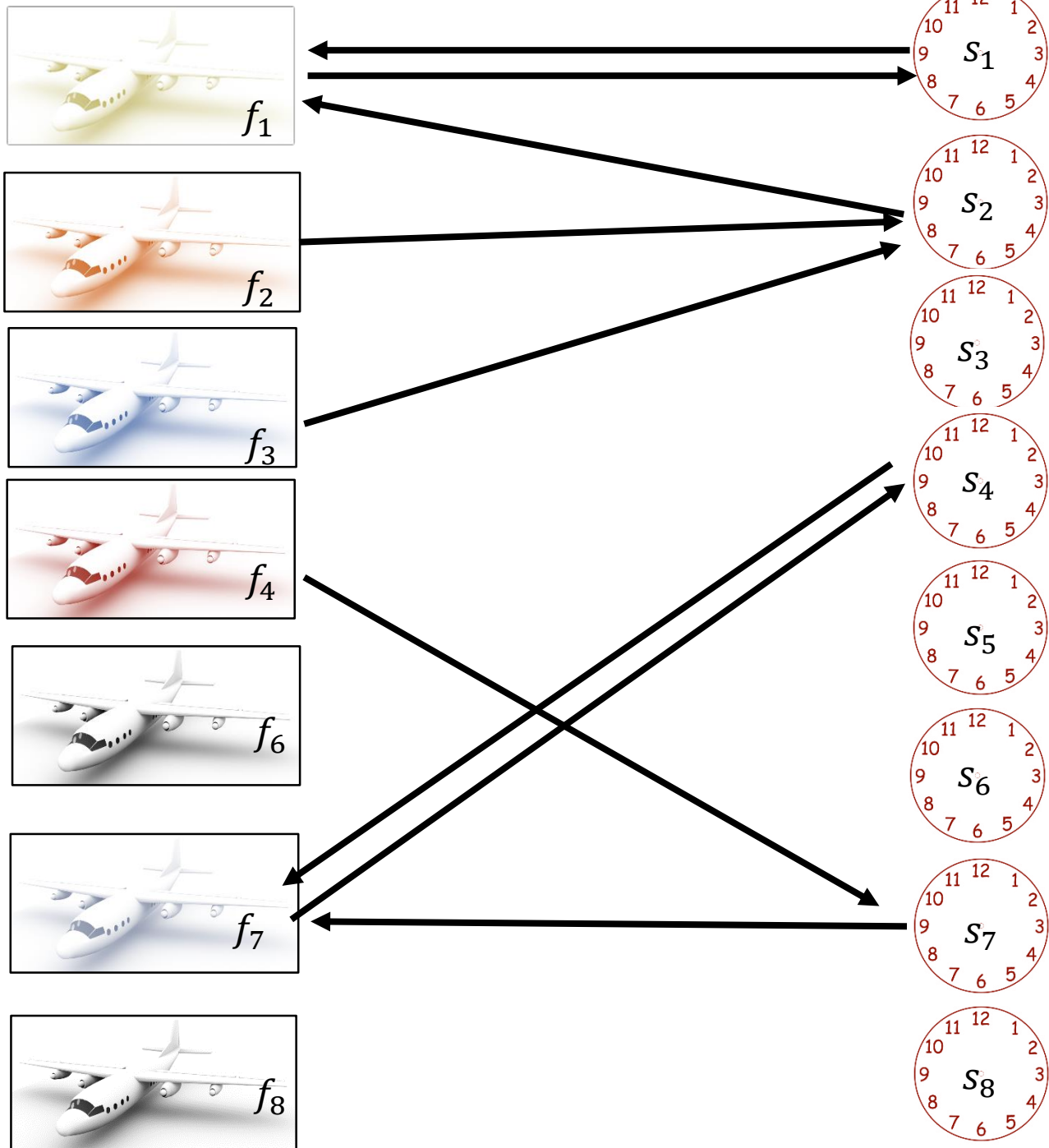
PASSO 1



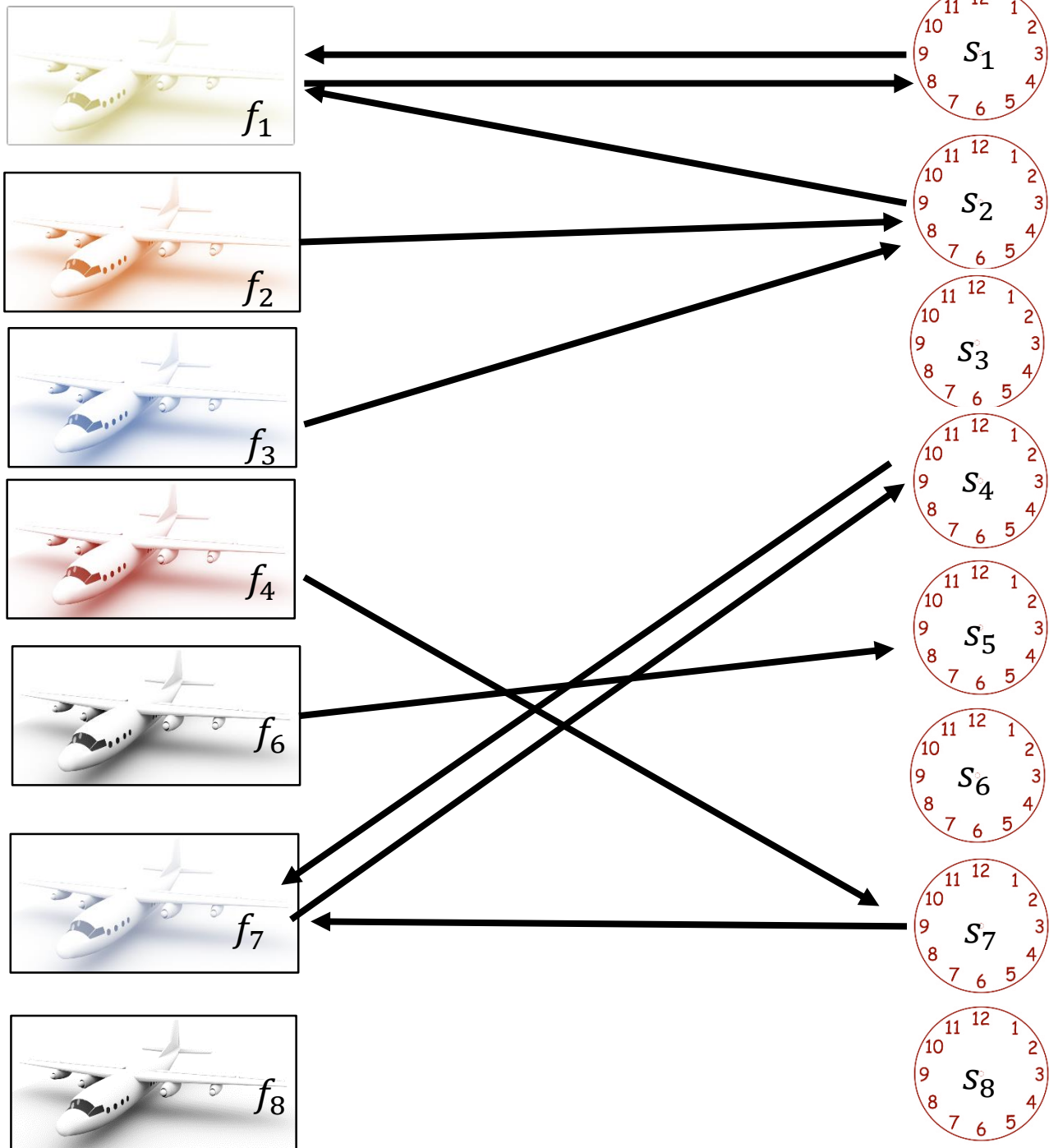
PASSO 1



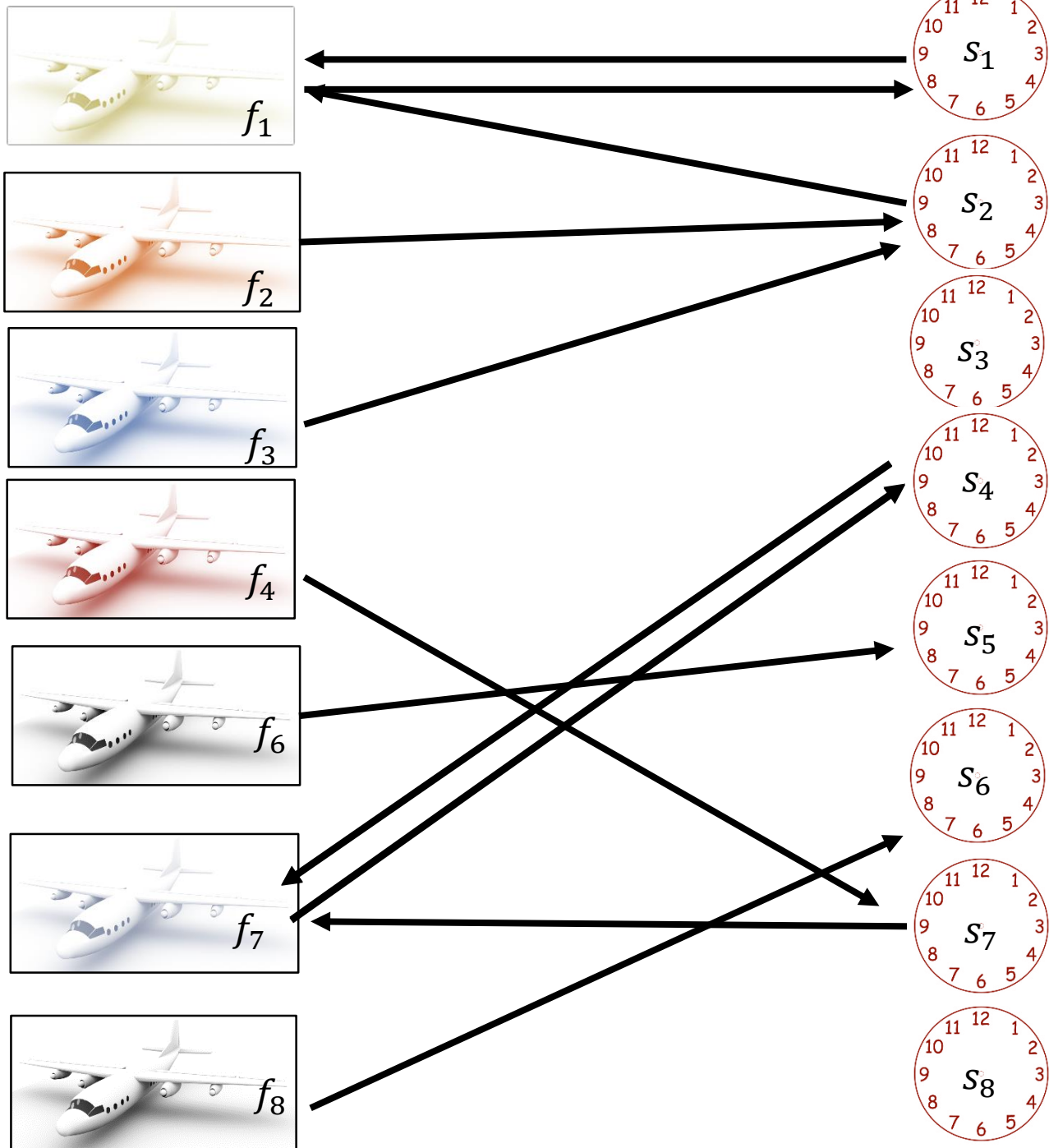
PASSO 1



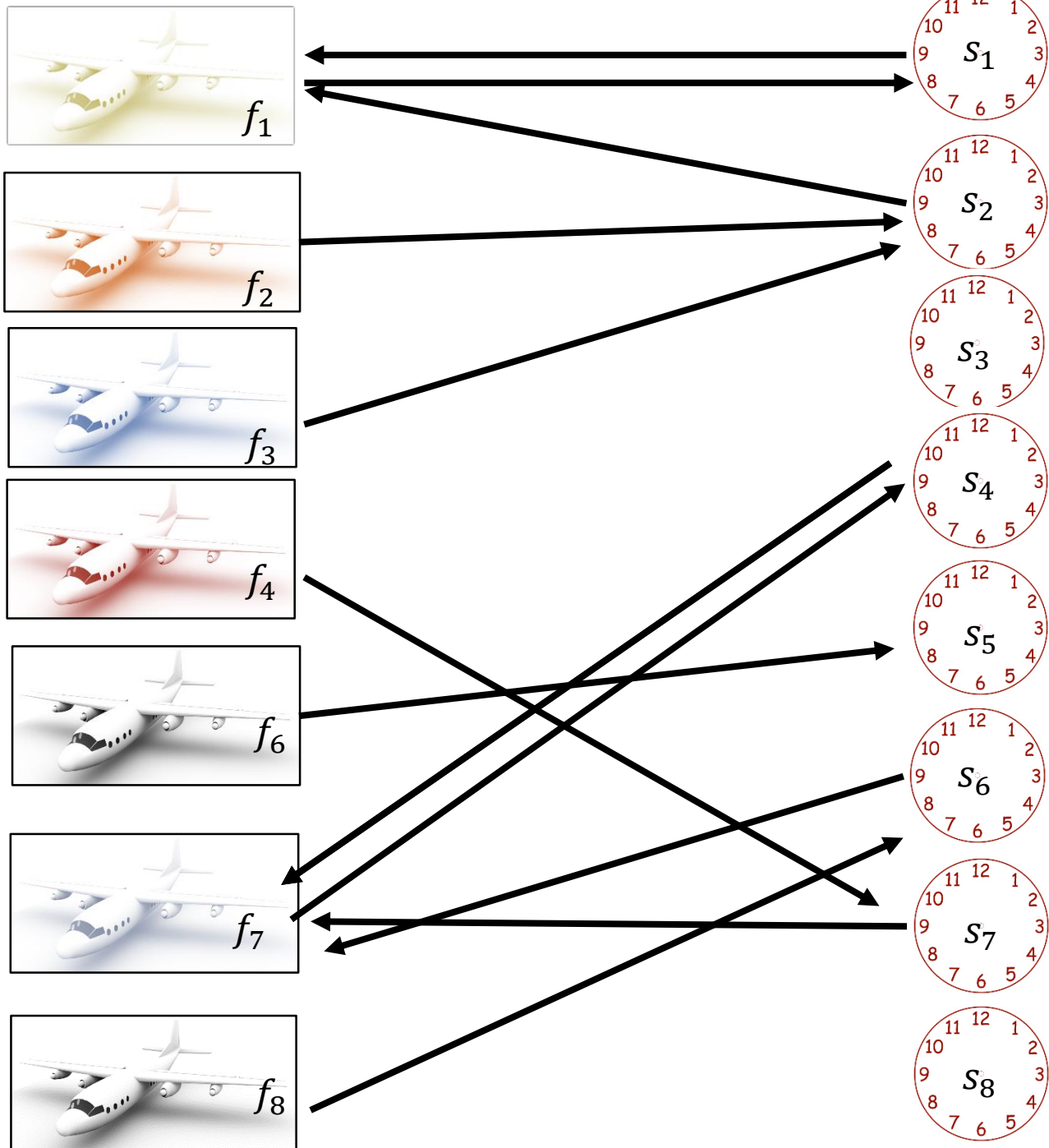
PASSO 1



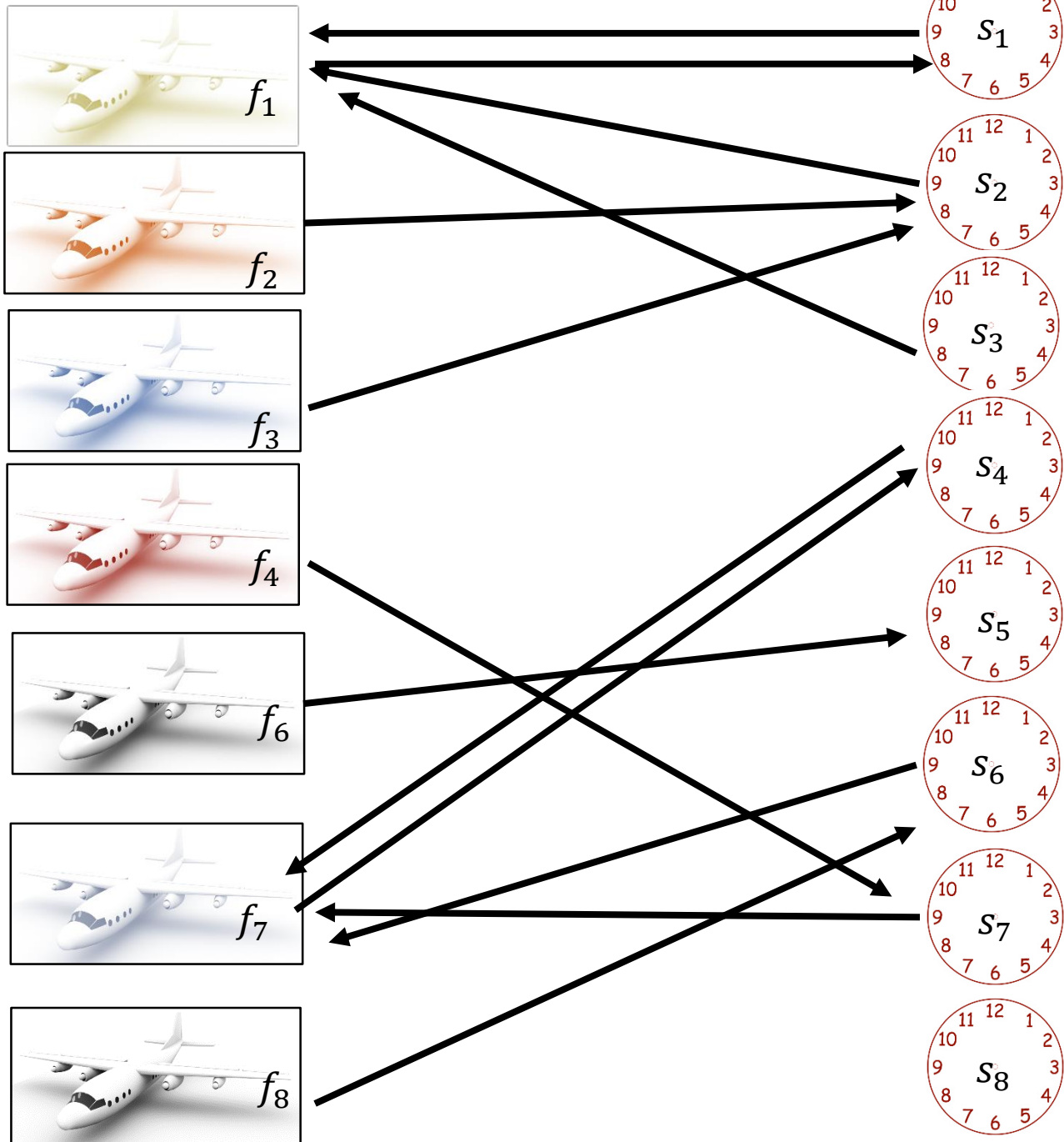
PASSO 1



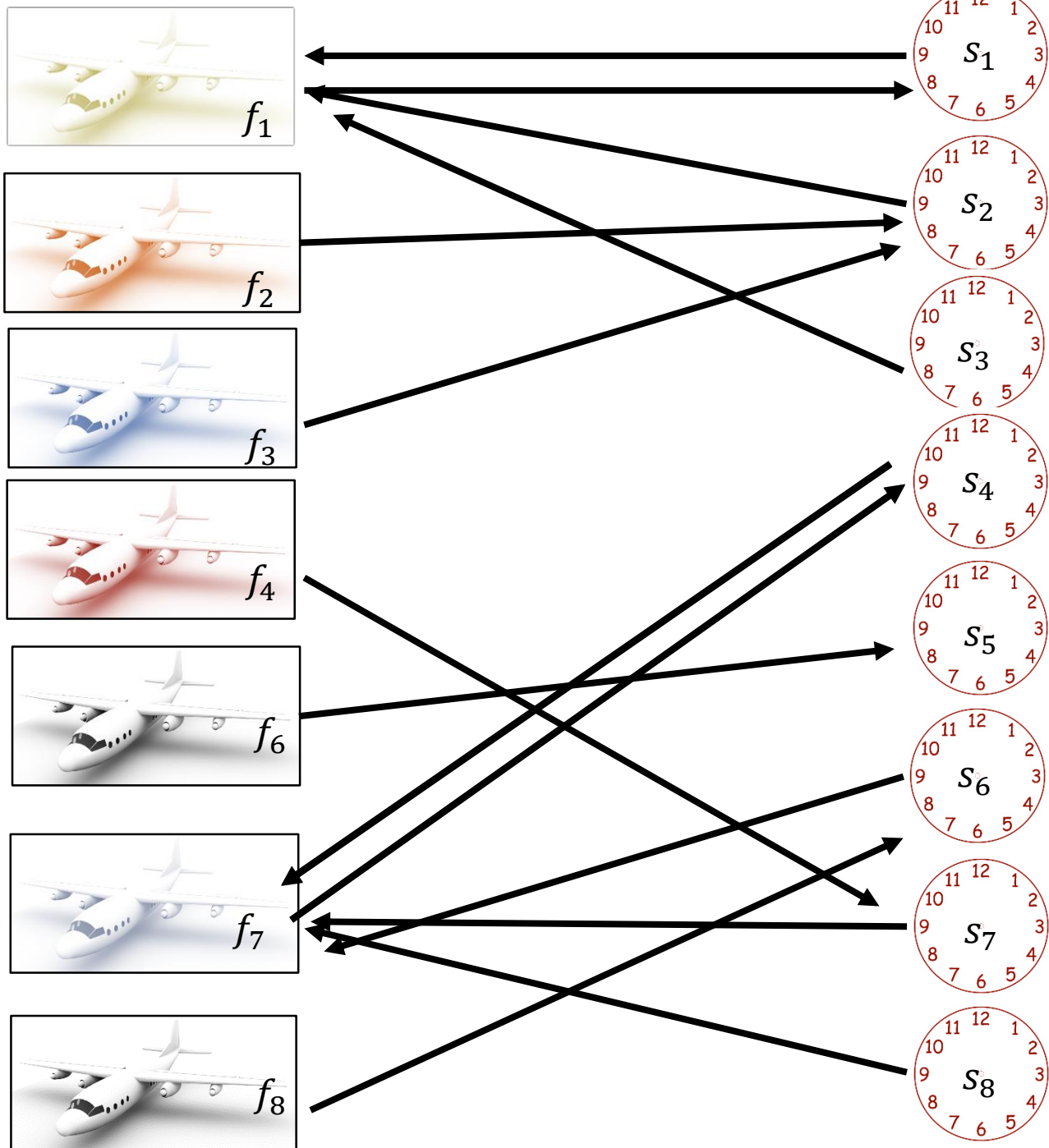
PASSO 1



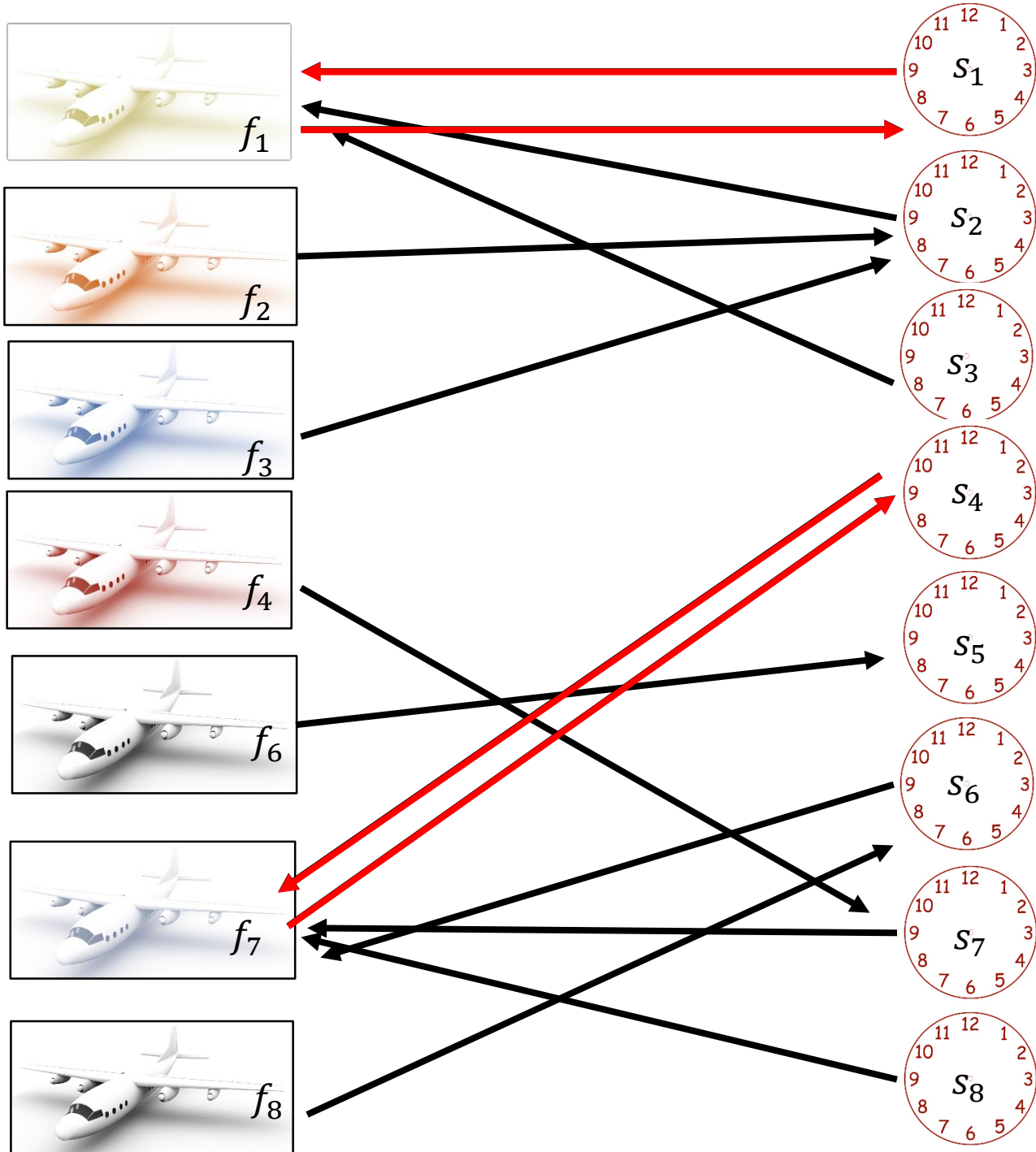
PASSO 1



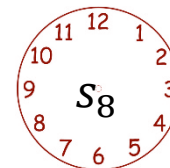
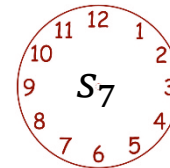
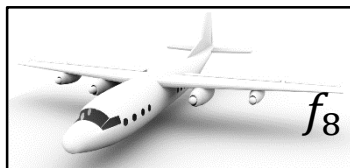
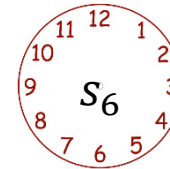
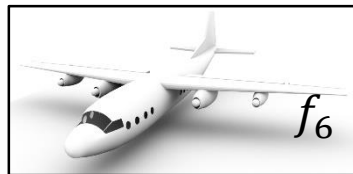
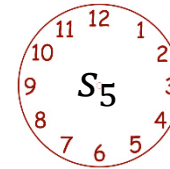
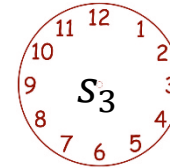
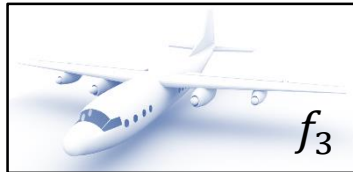
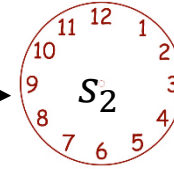
PASSO 1



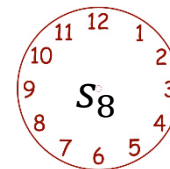
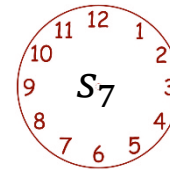
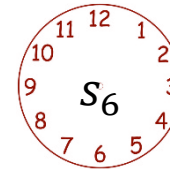
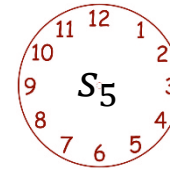
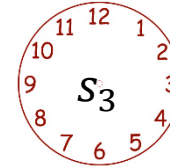
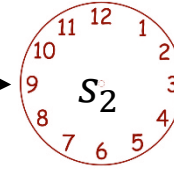
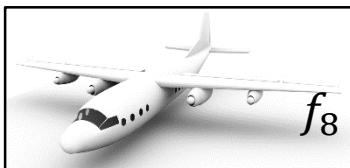
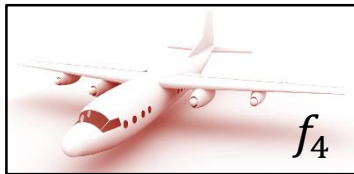
PASSO 1



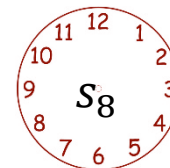
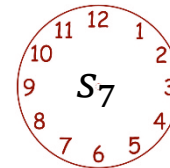
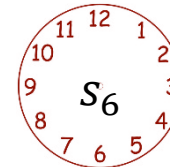
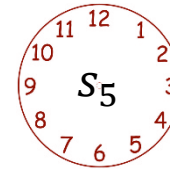
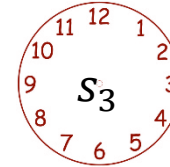
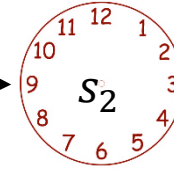
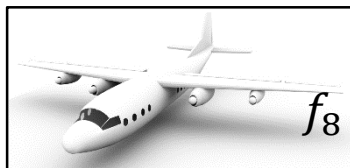
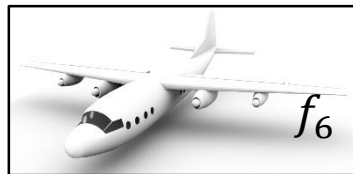
PASSO 2



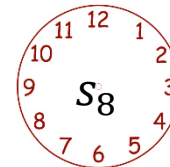
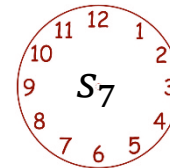
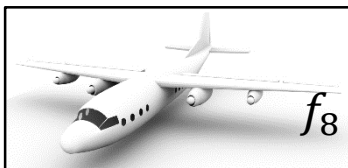
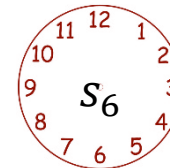
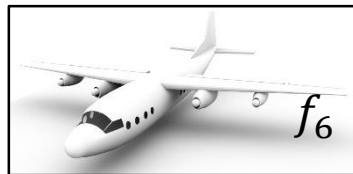
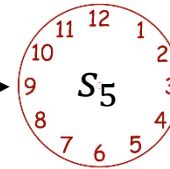
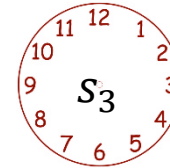
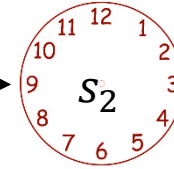
PASSO 2



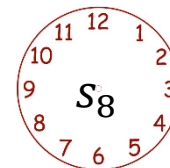
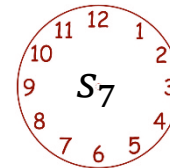
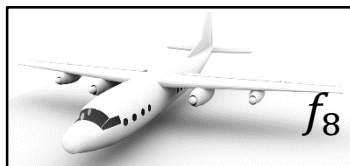
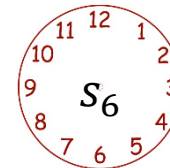
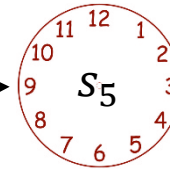
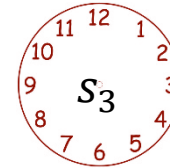
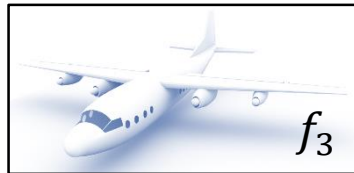
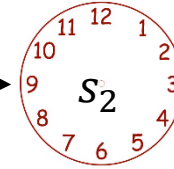
PASSO 2



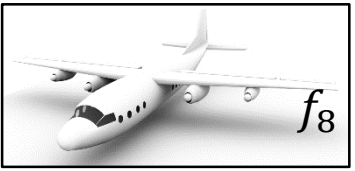
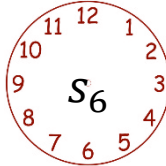
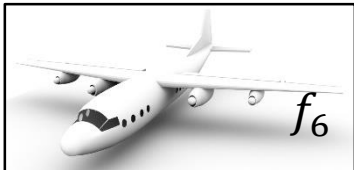
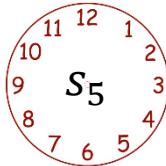
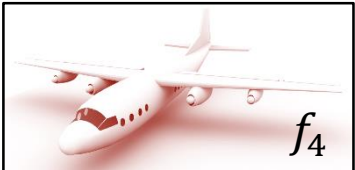
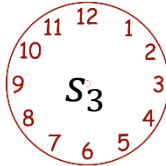
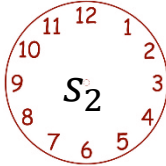
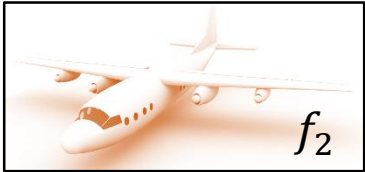
PASSO 2



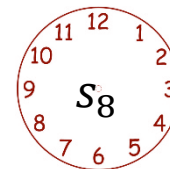
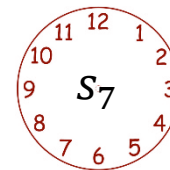
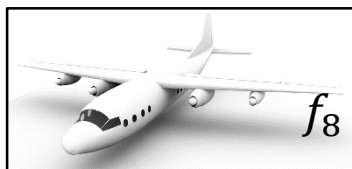
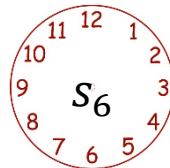
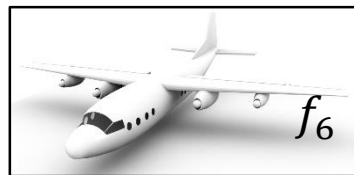
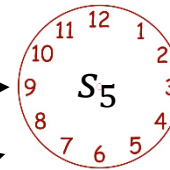
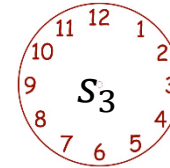
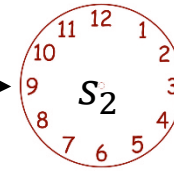
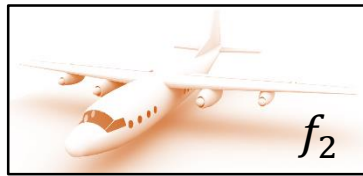
PASSO 2



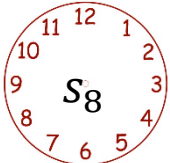
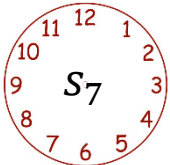
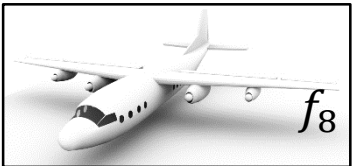
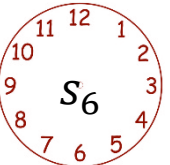
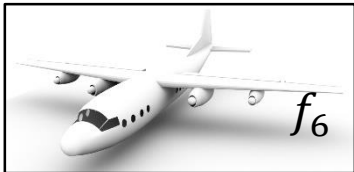
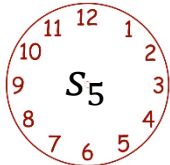
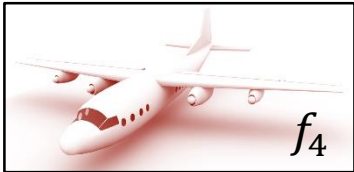
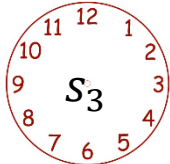
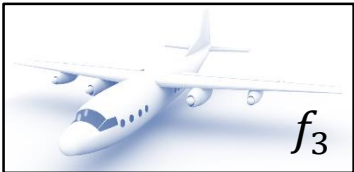
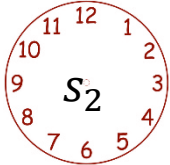
PASSO 2



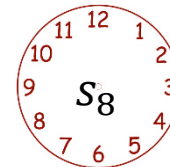
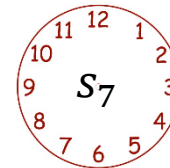
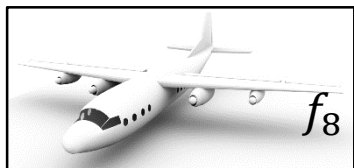
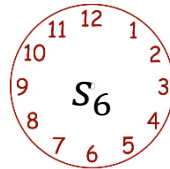
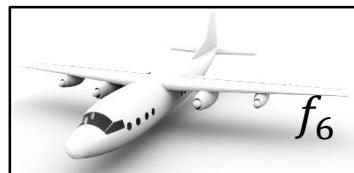
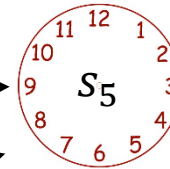
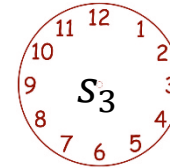
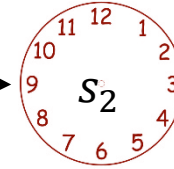
PASSO 2



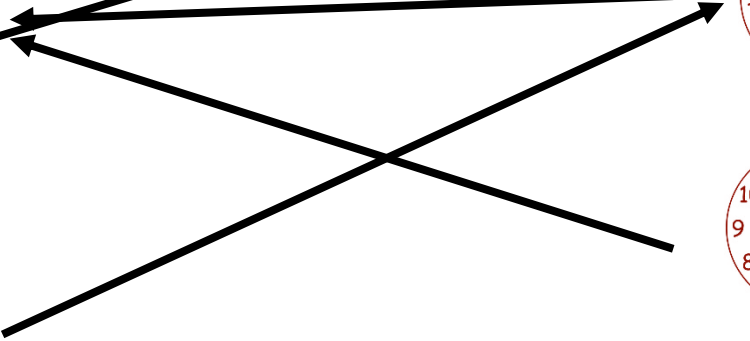
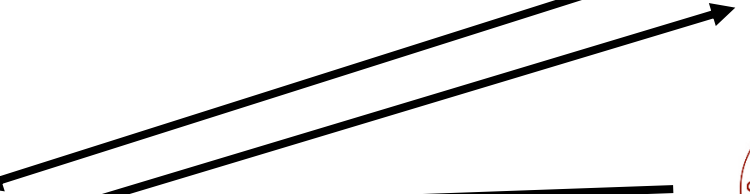
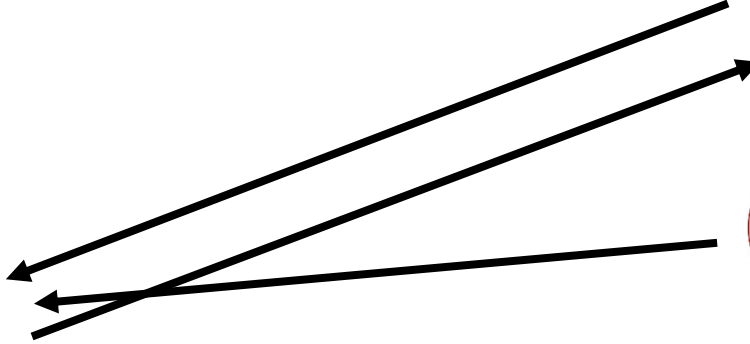
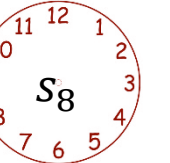
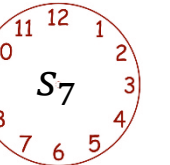
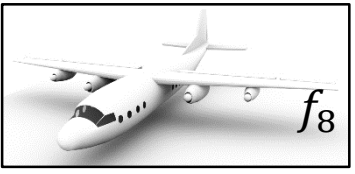
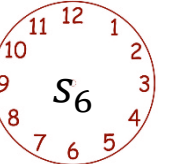
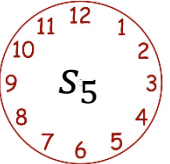
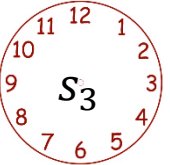
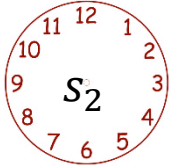
PASSO 2



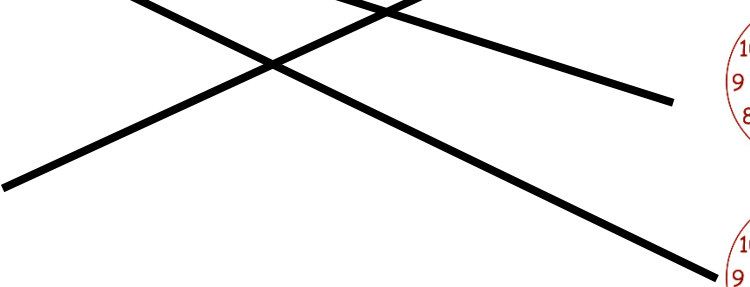
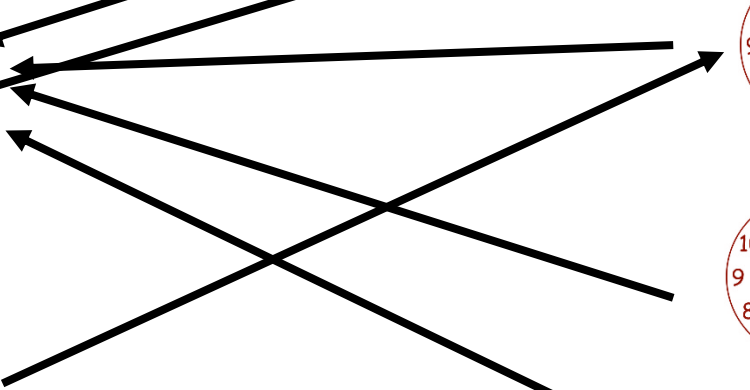
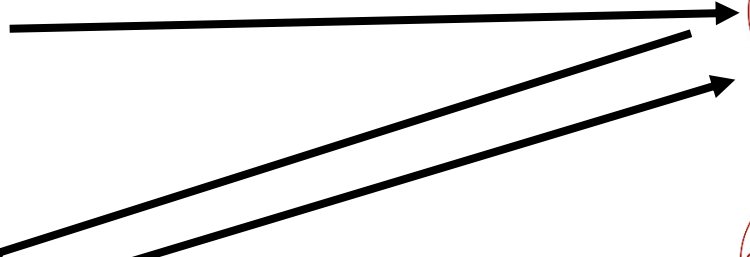
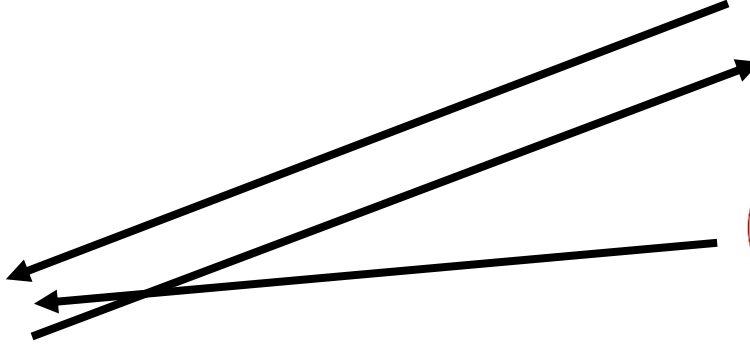
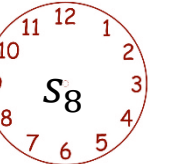
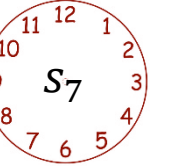
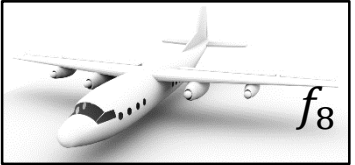
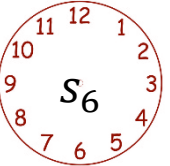
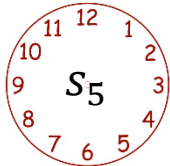
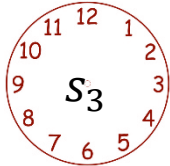
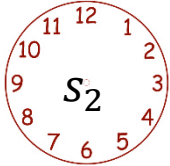
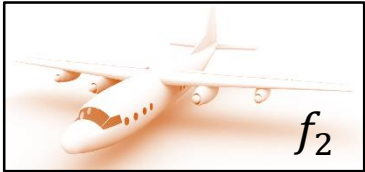
PASSO 2



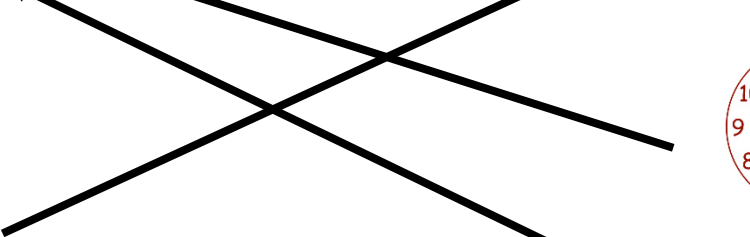
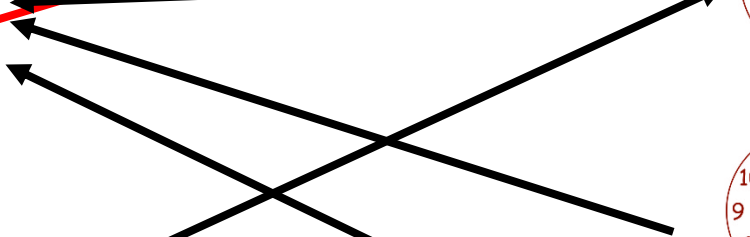
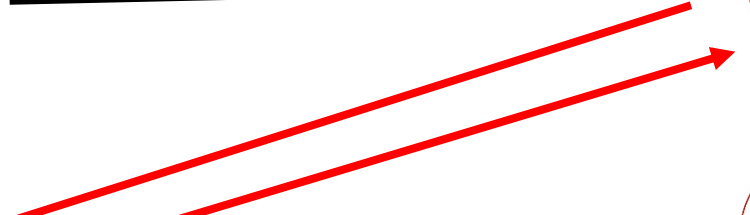
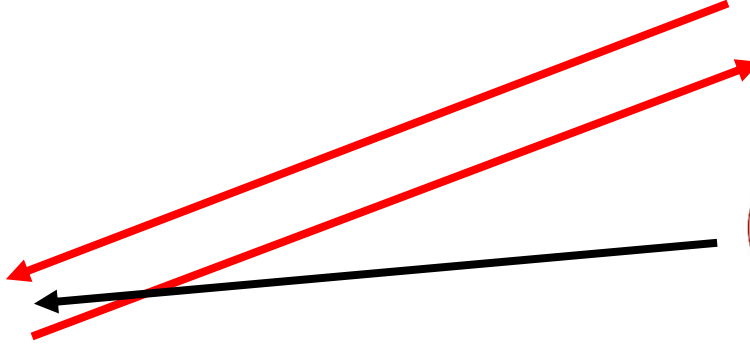
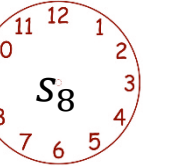
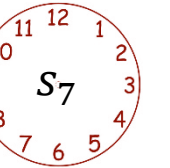
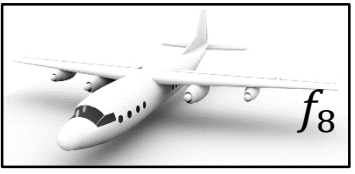
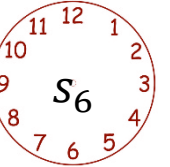
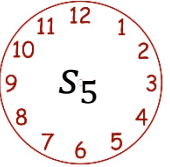
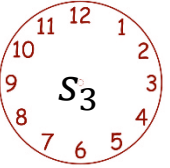
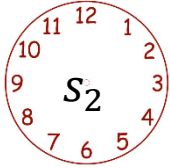
PASSO 2



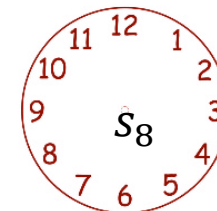
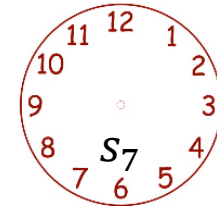
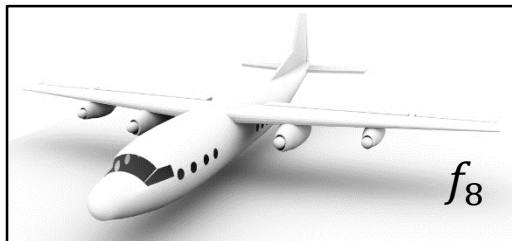
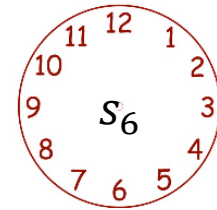
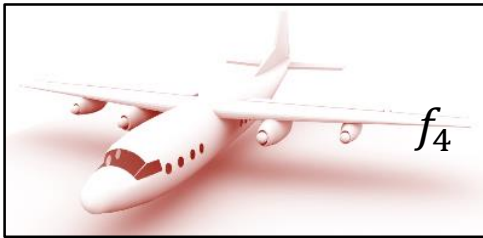
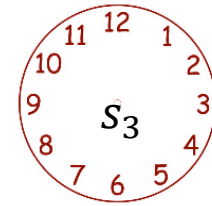
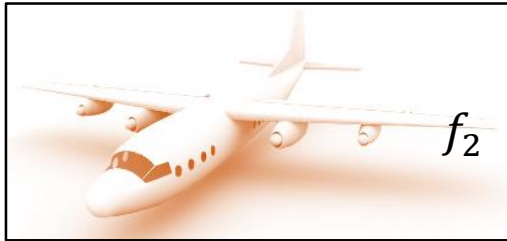
PASSO 2



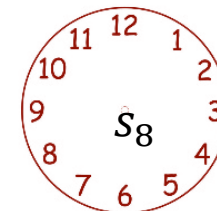
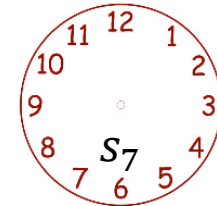
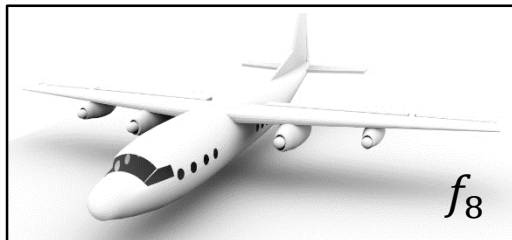
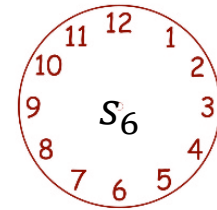
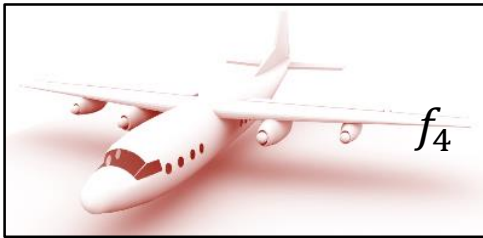
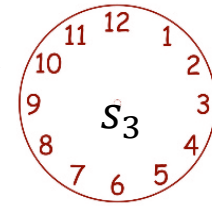
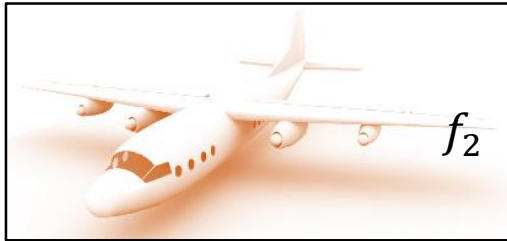
PASSO 2



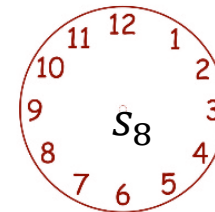
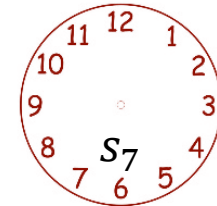
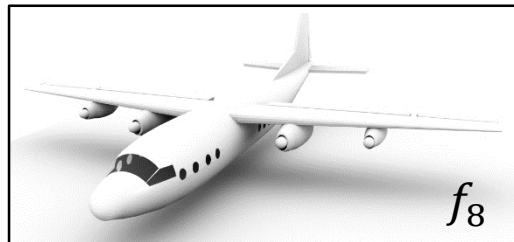
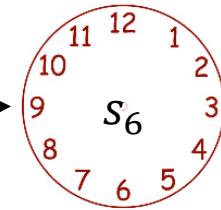
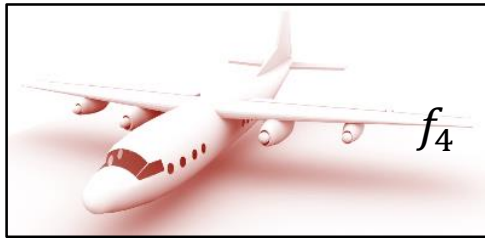
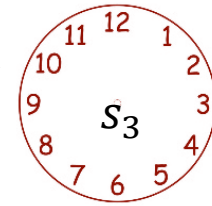
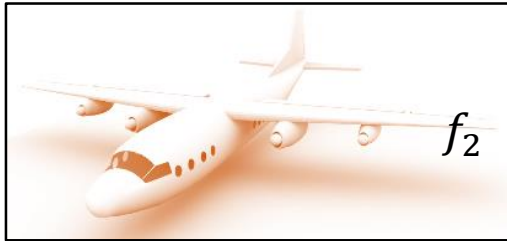
PASSO 3



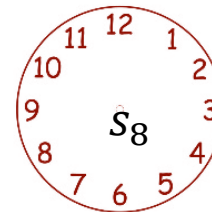
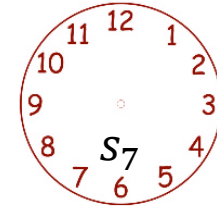
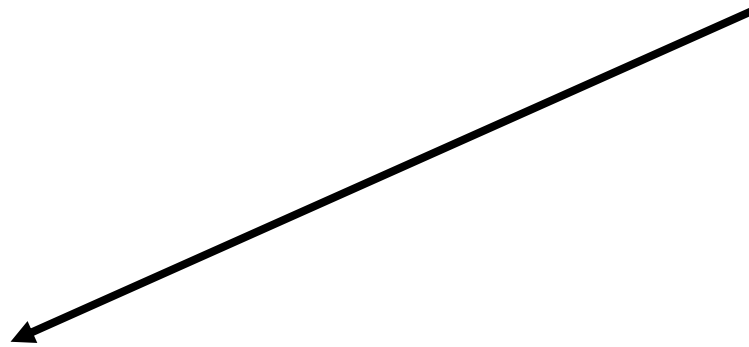
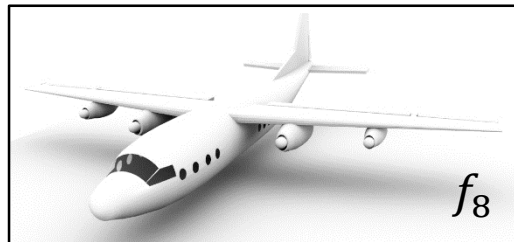
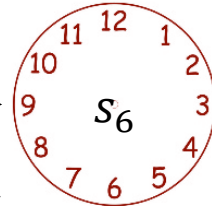
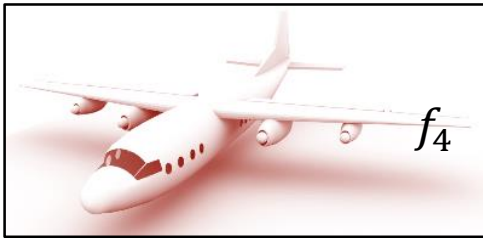
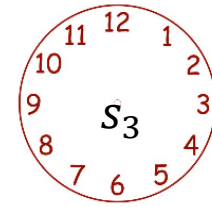
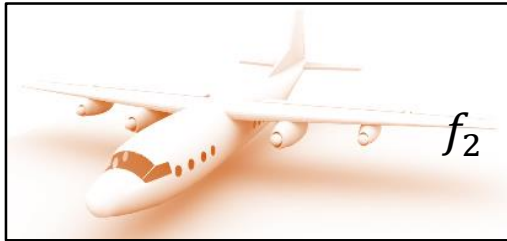
PASSO 3



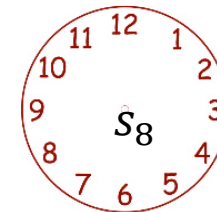
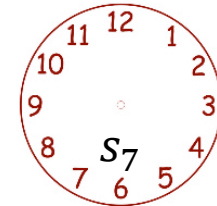
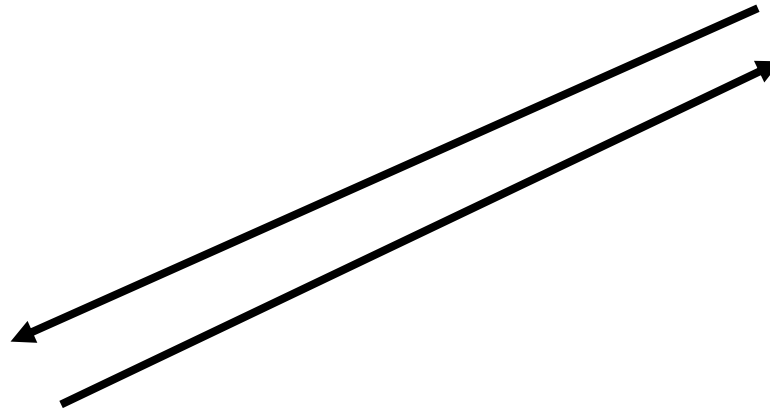
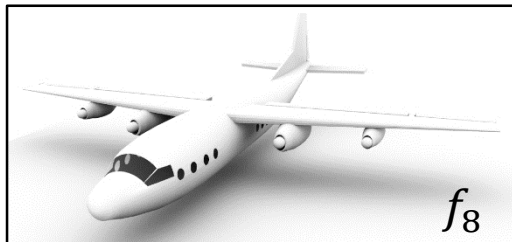
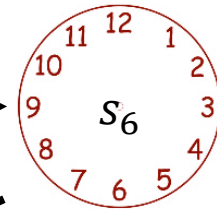
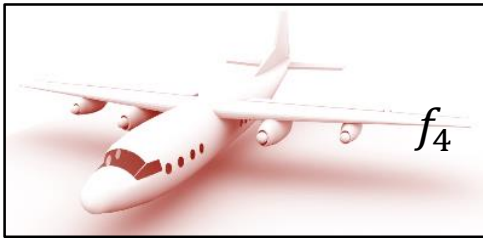
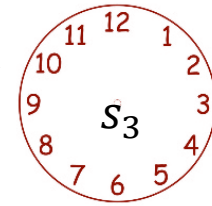
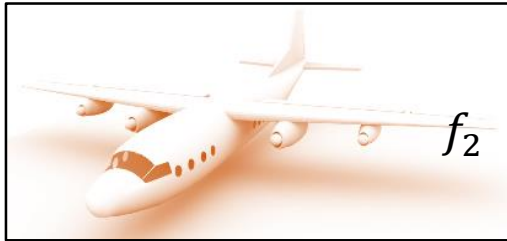
PASSO 3



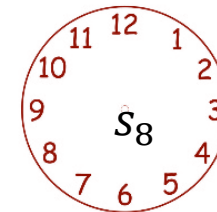
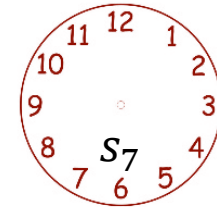
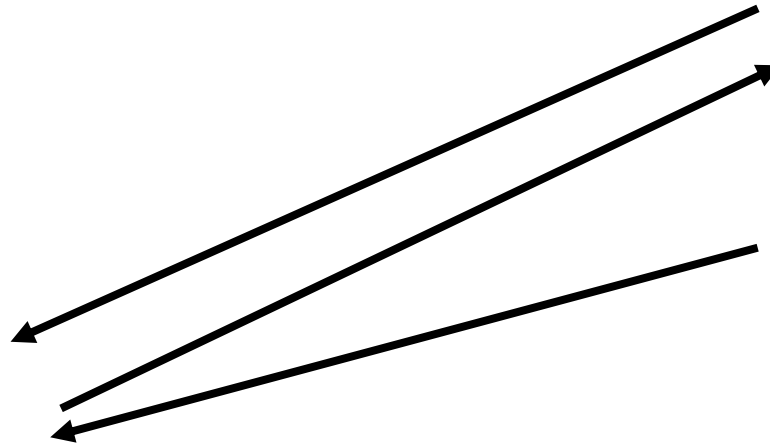
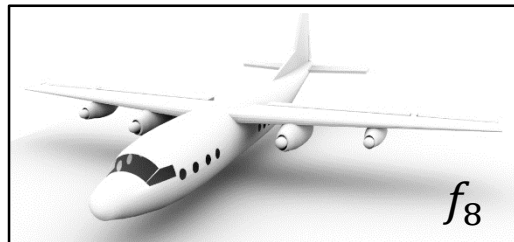
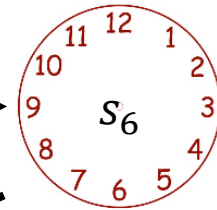
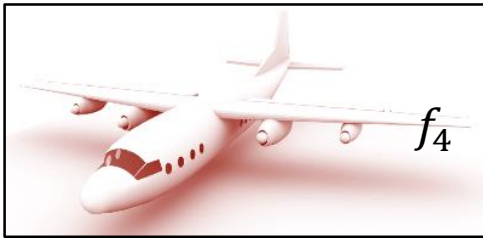
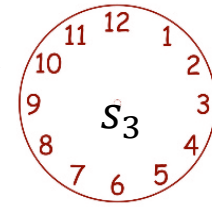
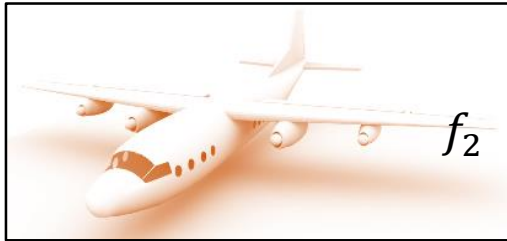
PASSO 3



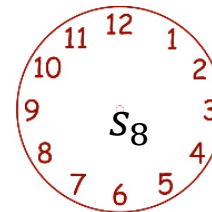
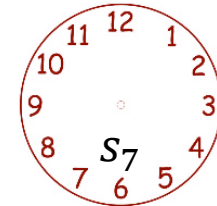
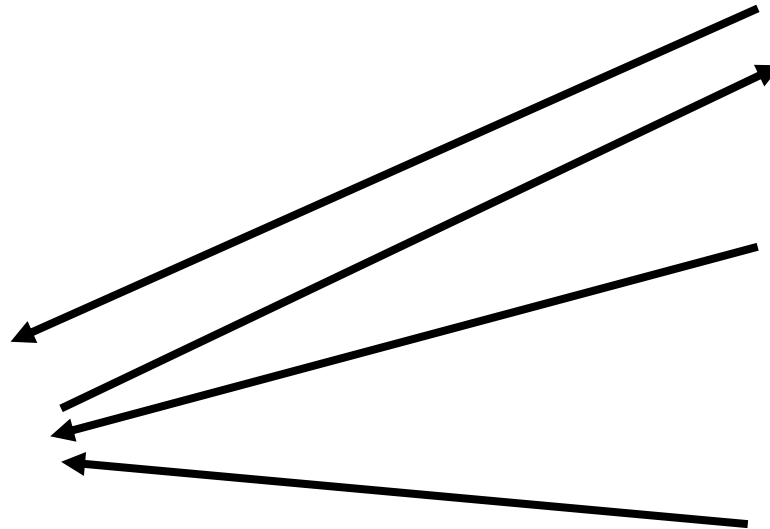
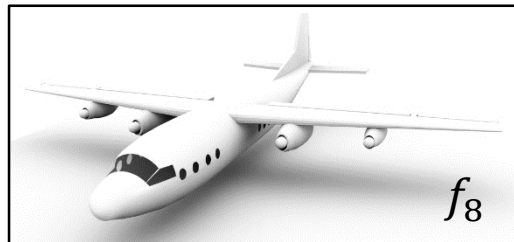
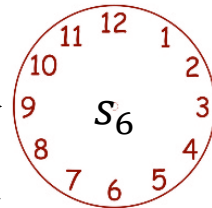
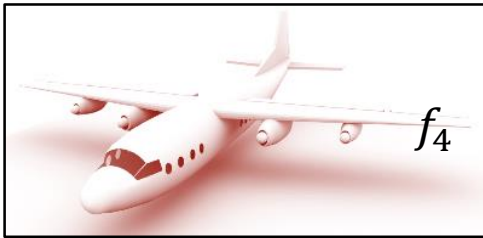
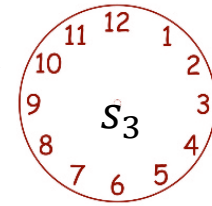
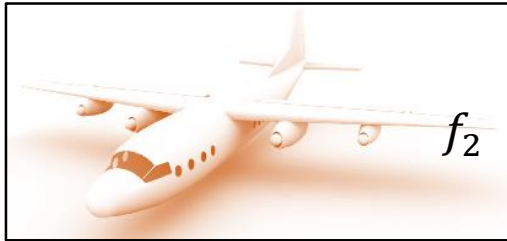
PASSO 3



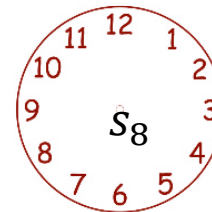
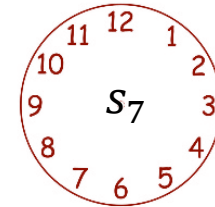
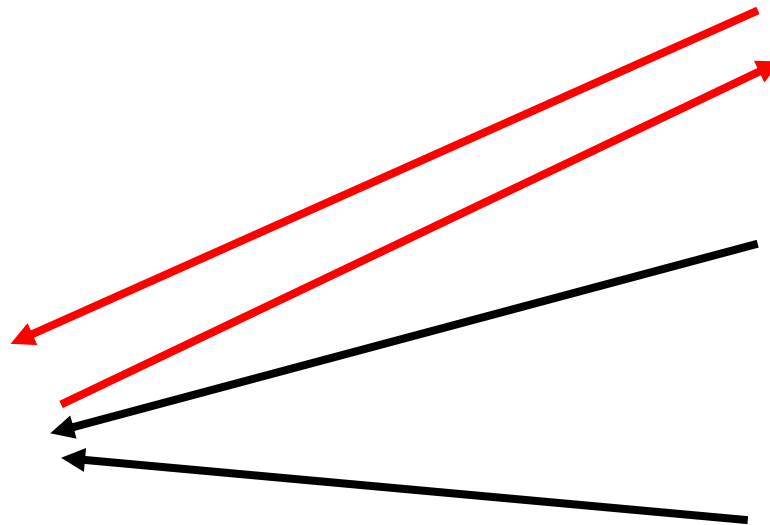
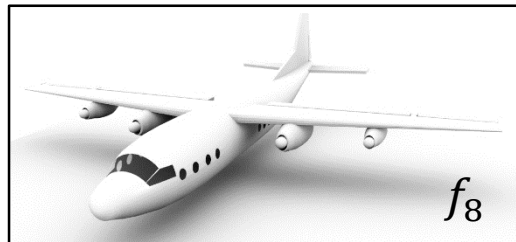
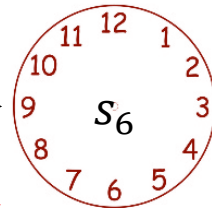
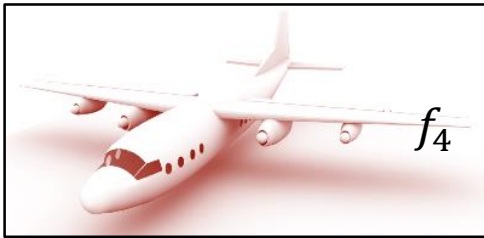
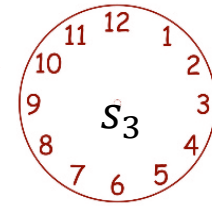
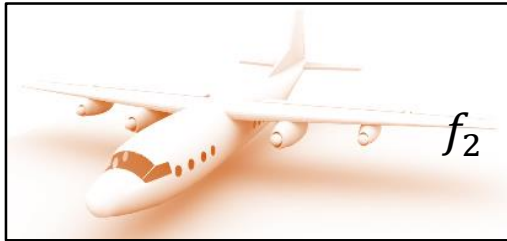
PASSO 3



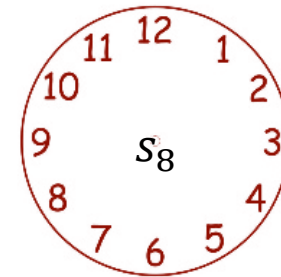
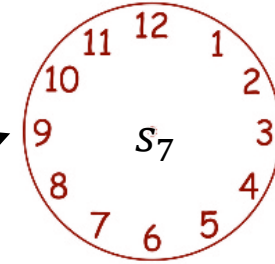
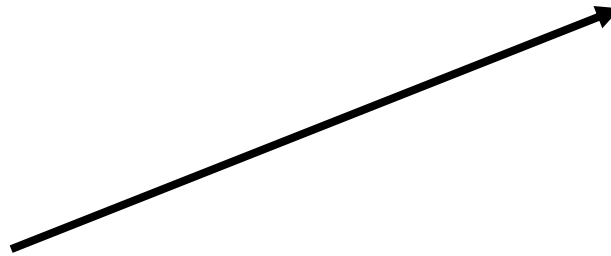
PASSO 3



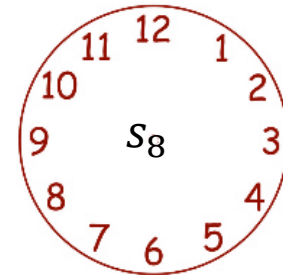
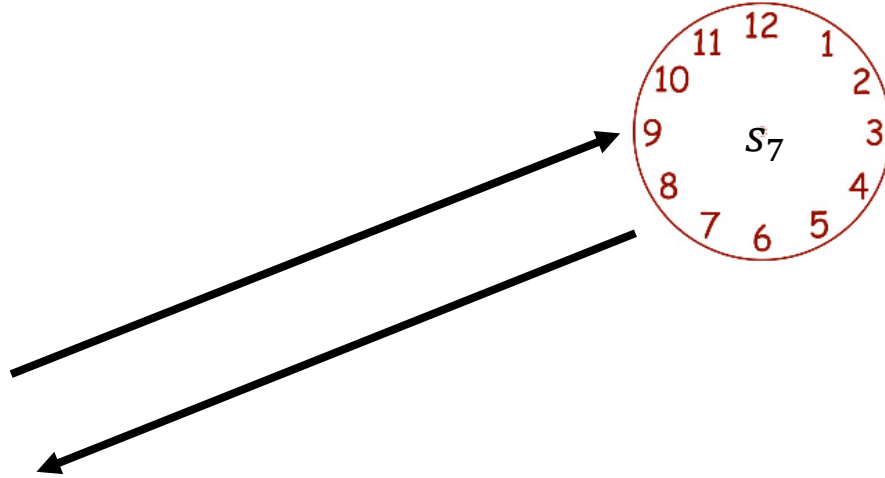
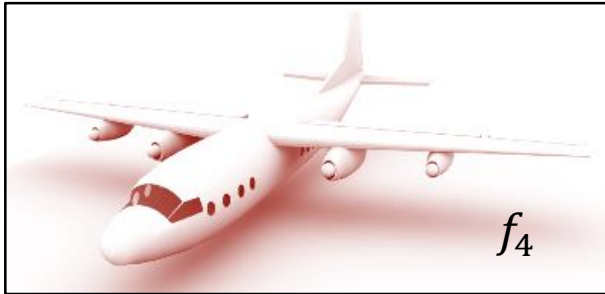
PASSO 3



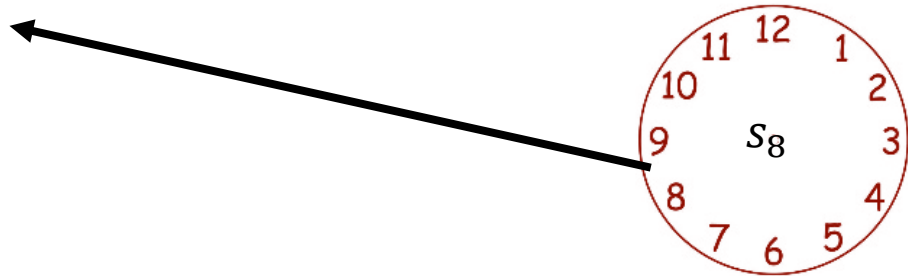
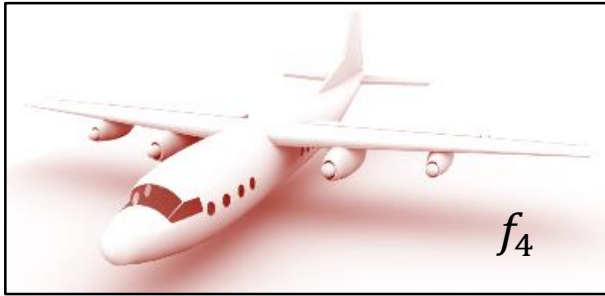
PASSO 4



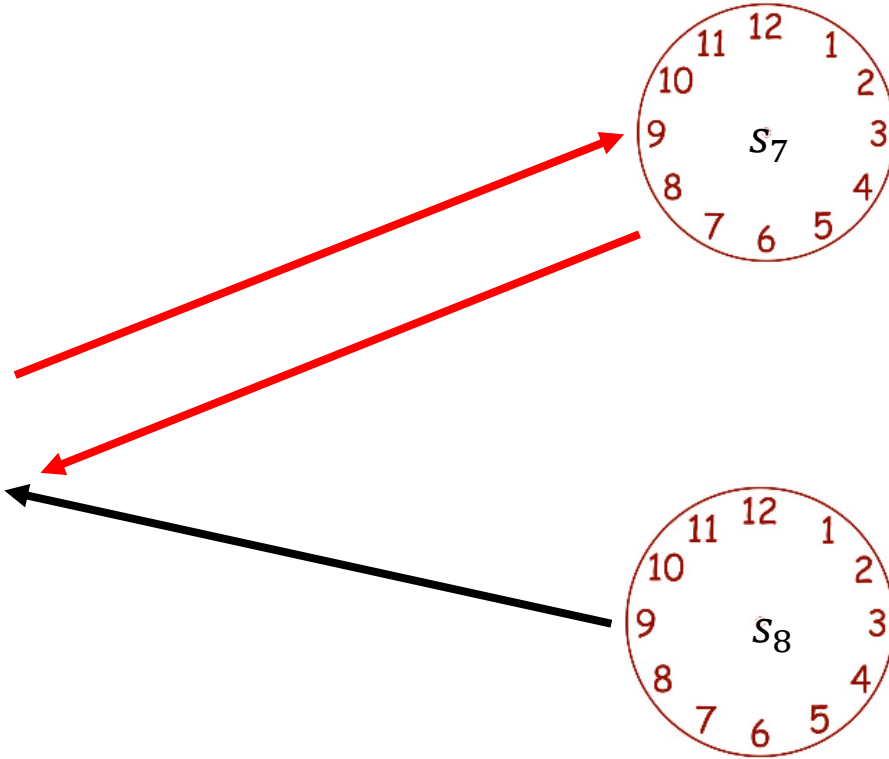
PASSO 4



PASSO 4



PASSO 4



RESULTADO

(a)DA-CDM

Slot	Flight	Owner	e_f
s_1	f_1	TAP	1
s_2	f_3	AZUL	2
s_3	f_2	AZUL	2
s_4	f_7	GOL	4
s_5	f_6	GOL	5
s_6	f_8	AZUL	6
s_7	f_4	GOL	4
s_8	empty	AZUL	

(b)TTC-CDM

Slot	Flight	Owner	e_f
s_1	f_1	TAP	1
s_2	f_3	AZUL	2
s_3	f_2	AZUL	2
s_4	f_7	GOL	4
s_5	f_6	GOL	5
s_6	f_8	AZUL	6
s_7	f_4	GOL	4
s_8	empty	AZUL	



TRABALHOS FUTUROS

- Análise aprofundada do estudo do mecanismo TTC
- Expansão da teoria de matching utilizando diferentes ambientes de mercados de dois lados.
- Modificação do modelo para permitir a entrada de qualquer outro stakehold (Torre de controle, o Controle de solo, Controle de aproximação)



OBRIGADO

